

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEONARDO ASSUMPÇÃO MOREIRA

ANÁLISE DA ACURÁCIA E DA PRECISÃO DE ALGUNS MÉTODOS DE
POSICIONAMENTO EM TEMPO REAL

CURITIBA

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEONARDO ASSUMPÇÃO MOREIRA

ANÁLISE DA ACURÁCIA E DA PRECISÃO DE ALGUNS MÉTODOS DE
POSICIONAMENTO EM TEMPO REAL

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Geodésicas, área de concentração Geodésia, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Pereira Krueger

CURITIBA
2016

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

- M838a Moreira, Leonardo Assumpção
Análise da acurácia e da precisão de alguns métodos de
posicionamento em tempo real [Recurso eletrônico] / Leonardo
Assumpção Moreira – Curitiba, 2016.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências
Geodésicas, 2016.
- Orientadora: Claudia Pereira Krueger
1. Sistema de posicionamento global. I. Universidade Federal do
Paraná. II. Krueger, Cláudia Pereira. III. Título.

CDD: 526.60285

TERMO DE APROVAÇÃO


LEONARDO ASSUMPTÃO MOREIRA


"ANÁLISE DA ACURÁCIA E DA PRECISÃO DE ALGUNS MÉTODOS DE
POSICIONAMENTO EM TEMPO REAL"

Dissertação nº 296 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:


Prof.ª. Dr.ª. Claudia Pereria Krueger
Departamento de Geomática, UFPR


Prof. Dr. Silvio Jacks dos anjos Garnés
Universidade Federal de Pernambuco, UFPE


Prof. Dr. Wilson Alcântara Soares
Departamento de Física, UFPR


Prof. Dr. Luiz Danilo Damasceno Ferreira
Departamento de Geomática, UFPR

Curitiba, 26 de fevereiro de 2016.

DEDICATÓRIA

À Deus, por sua infinita misericórdia.

À minha estimada avó, Consuelo, pelo enorme carinho e dedicação, e por estar, de diferentes formas, sempre presente nos momentos mais difíceis e cruciais de minha vida.

Aos meus queridos pais, Leonel e Ester, por toda dedicação e amor.

À minha admirada irmã, Livia, por me inspirar na vida acadêmica, e por todo apoio e amor dispensados.

À minha amada esposa, Viviane, por todo amor, carinho, apoio e compreensão oferecidos a mim ao longo desta trajetória.

AGRADECIMENTOS

A todos que passaram pelo meu caminho e que com certeza deixaram um pouco de si. Os momentos de alegria e sofrimento serviram para permitir um crescimento pessoal.

Em especial,

À minha orientadora, **Prof^a. Dr^a. Cláudia Pereira Krueger**, pela oportunidade, por acreditar em mim, pela paciência e por todo conhecimento adquirido nesta etapa. Pelas sugestões que muito contribuíram para o sucesso da pesquisa.

Ao **CC Adriano Vieira de Souza**, Comandante do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), pelo auxílio e conhecimentos, viabilizando o desenvolvimento do meu estudo.

À equipe do Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia (LAGEH), em especial ao **Anderson Renato Viski**, à **Laís Thie Hasuda Nakao**, à **Letícia Woss**, ao **André Lenkiu**, ao **Jorge Felipe Euriques**, ao **Kelvin William de Souza Siqueira**, ao **Clauber Rogério da Costa**, e ao **Breno Correa Bueno**, pelo apoio, estímulo, ensinamentos acadêmicos e colaboração na execução dos trabalhos de campo.

Ao **Kauê de Moraes Vestena**, pelas conversas sempre agradáveis e pelos conhecimentos de programação muito úteis para a concretização desta pesquisa.

À **CT (EN) Rafaela Pereira de Castro**, ao **1T (EN) Édico Ramon de Melo**, e ao **Sgt Jânio Aguiar da Costa**, do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), e ao **Sgt Marcos Antônio Gonçalves de Oliveira** e ao **Sgt Jair dos Santos Lemos**, da Base de Hidrografia da Marinha (BHM), pelo apoio e execução dos trabalhos de campo.

Ao Chefe da 1^a Divisão de Levantamento, **Cel QEM Cart Marcis Gualberto Mendonça Júnior**, por todo apoio, incentivo e conhecimentos, que foram imprescindíveis para o início desta jornada.

Ao **1º Ten OTT Anderson Paim Porto Alegre**, da 1ª Divisão de Levantamento (1ª DL), e ao **1º Ten QAO Jorge Luiz dos Santos**, da 3ª Divisão de Levantamento (3ª DL), pela disponibilidade e pelos conhecimentos trocados sobre programação.

A todos os **colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas**, pelo companheirismo e apoio.

À secretária do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (CPGCG), **Verali Mônica Kleuser**, pelos momentos de descontração e pela viabilização das questões administrativas referentes ao mestrado.

Ao meu cunhado, **Wesley Carvalho Franco**, pelo carinho, apoio de tradução em inglês e conhecimentos.

Ao **Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia (LAGEH/UFPR)**, do Departamento de Geomática da UFPR, pelos equipamentos e guarda.

À **Marinha do Brasil**, pela disponibilização de equipamentos, e por proporcionar a execução deste trabalho no Complexo Naval da Ponta da Armação, Niterói/RJ.

Ao **Exército Brasileiro**, por propiciar a realização desse sonho.

À **Diretoria do Serviço Geográfico (DSG)** pela busca incansável em manter seu Quadro de Engenheiros Militares (QEM) sempre qualificado e atualizado, realizando diversas pesquisas científicas nas melhores instituições de ensino do país, visando proporcionar ao EB cada vez mais um serviço de excelência.

À **Universidade Federal do Paraná (UFPR)**, ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (CPGCG)**, e a todos os seus professores e servidores, pela oportunidade de aprimoramento pessoal e profissional. Por proporcionarem condições humanas e materiais para o desenvolvimento da aprendizagem.

À toda **minha família e amigos**, pelo amor, apoio, confiança e motivação incondicional, e por sempre me impulsionarem em direção às vitórias dos meus desafios.

Muito obrigado a todas as pessoas e instituições que não citei expressamente e que contribuíram de alguma forma com o desenvolvimento e a conclusão deste trabalho!

Que Deus abençoe a todos!

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância.”

(John F. Kennedy)

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

(Albert Einstein)

“Tú só és Senhor, tu fizeste o céu, o céu dos céus, e todo o seu exército; a terra e tudo quanto nela há; os mares e tudo quanto neles há; e tu os guardas em vida a todos; e o exército dos céus te adora.”

(Neemias 9:6)

RESUMO

O uso do GNSS vem se difundindo nas mais distintas aplicações, e o Método de Posicionamento Diferencial, dentre os vários existentes, tem sido uma forma de medição de veemente importância em diversas áreas da engenharia. Com o progresso da ciência e da tecnologia, novos equipamentos vêm sendo desenvolvidos, melhorando a precisão e a acurácia destes levantamentos, permitindo sua aplicação em monitoramento de linhas de costa, execução de levantamentos hidrográficos e cadastrais, entre outros. Tais equipamentos tem alcançado acurácia centimétrica, sem a necessidade de um processamento posterior dos dados, de onde surge a necessidade de se testar essas novas tecnologias e conhecer suas reais e verdadeiras potencialidades. O presente trabalho teve, dessa forma, por objetivo, avaliar a acurácia e a precisão de alguns métodos de posicionamento em tempo real, como o RTK, o RTK via NTRIP e o RTG. A área de estudo localizou-se na Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), em Niterói/RJ, permitindo a realização de levantamentos simultâneos com os 03 equipamentos avaliados. Foram realizados 04 diferentes experimentos, tendo o primeiro, o Experimento 01, o intuito de determinar coordenadas geodésicas de 10 pontos pelos métodos de posicionamento em tempo real citados e compará-las com as coordenadas padrão determinadas. Verificou-se dessa forma que RTG foi o método menos acurado que os demais, principalmente no que tange a altimetria, e que o RTK foi mais preciso e acurado, e, contudo, o NTRIP teve o melhor desempenho nos pontos obstruídos. O Experimento 02, que verificou o desempenho dos equipamentos no levantamento de linhas de costa, o RTG apresentou a melhor precisão planimétrica média dos levantamentos cinemáticos, assim como a melhor acurácia, enquanto que o RTK nos experimentos realizados teve somente soluções código. No Experimento 03, referente a análise de desníveis de um perfil, na análise dos erros altimétricos, precisões e acurácias com a utilização das soluções fase, o NTRIP apresentou melhor resultado, seguido pelo RTG. A utilização dos filtros box-plot e de máscara no dados apresentados pelos equipamentos avaliados ofereceram melhores resultados em acurácia e precisão. No Experimento 04, na análise da área de praia, o RTK e o RTK via NTRIP tiveram os melhores resultados. Em relação aos perfis longitudinal e transversal da praia a partir do MDT, notou-se que o RTK via NTRIP apresentou comportamento similar ao padrão.

Verificando-se o recuo e o avanço da linha de costa com a mudança da maré, notou-se que o RTK via NTRIP apresentou o menor erro médio em relação ao padrão.

Palavras-chave: posicionamento em tempo real, RTK, RTK via NTRIP, NTRIP, RTG, avaliação de acurácia e precisão.

ABSTRACT

The use of GNSS is spreading in the more distinct applications, and the Methods of Differential Positioning, among the various existing, have been a way of measurement of a extremely importance in many fields of engineering. With the science and technology's progress, new equipments are being developed, making the precision and accuracy of these surveys, allowing your application in costs line monitoring, hydrographic and registration surveys execution, and others. Those equipments have been reached centimetric accuracy, with no necessity of postprocessing, where the need arises to assess these new technologies and know they real and truly potential. The recent task have, in this forme, for objective, evaluate the accuracy and precision of some methods of live positioning, like the RTK, the RTK by NTRIP and the RTG. The research field was localized at Diretoria de Hidrografia e Navegação (DNH), in Niterói/RJ, allowing the realization of simultaneous surveys with the 03 equipments evaluated. 04 different experiments were done, where the first, the Experiment 01, had the order to determinant geodetic coordinates of 10 points by the Methods of Differential Positioning and compared them with the pattern coordinates. Verified that on this way RTG was the method with last accuracy than the others, mainly in the one that regards altimetry, and that the RTK was the one with the most precision and accuracy, and, yet the RTK by NTRIP had the best performances in the obstructed points. In the Experiment 02, that verified the performance of the equipments in the cost line surveys, the RTG presented the best planimetric precision media of the cinematics surveys, as so the best accuracy, while the RTK, in the realized experiments, had only codes solutions. In the Experiment 03, that refers to analyze the slope of a profile, in the analysis of the mistakes altimetrics, precision and accuracy with the utilization of phase solutions, the NTRIP presented best result, followed by the RTG. The utilization of box-plot and masking filters in the data introduced for the equipments evaluated offer better results in accuracy and precision. In the Experiment 04, in the analysis of the beach area, the RTK and the RTK by NTRIP had the better results. In relation of longitudinal and transversal profiles of the beach from MDT, noted that the RTK by NTRIP presented a behavior similar to the pattern. Verified that retreat and advancement of the cost line with the change of the tide, noted that the RTK by NTRIP presented the lowest fault medium in relation to the pattern.

Key-words: real time positioning, RTK, RTK by NTRIP, NTRIP, RTG, accuracy and precision evaluation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esboço da constelação dos satélites NAVSTAR-GPS.	57
FIGURA 2 – Pseudodistâncias formadas entre os satélites observados.	59
FIGURA 3 – Ambiguidade da fase da onda portadora.	60
FIGURA 4 – Método relativo.	64
FIGURA 5 – Método Diferencial.	66
FIGURA 6 – Precisão alcançada em função das linhas de base para diferentes Métodos de Posicionamento GNSS.	69
FIGURA 7 – Esquema de funcionamento do NTRIP.	75
FIGURA 8 – Rede de referência do STARFIRE RTG.	77
FIGURA 9 – Ocorrência de multicaminhamento de sinais.	82
FIGURA 10 – Análise e compreensão da acurácia e da precisão utilizando o exemplo dos tiros nos alvos.	95
FIGURA 11 – Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).	97
FIGURA 12 – Complexo Naval da Ponta da Armação (Niterói – RJ).	98
FIGURA 13 – Localização das RBMC-IP mais próximas da área de estudo.	104
FIGURA 14 – Localização da antena do ráio (fotografia da esquerda) e da antena do receptor GPS RTK BASE (fotografia da direita).	105
FIGURA 15 – Localização aproximada dos 10 pontos do experimento 01.	107
FIGURA 16 – Esquema da descrição das atividades do experimento 01.	109
FIGURA 17 – Praia do Cais – Local de realização das linhas (sem obstruções). ...	114
FIGURA 18 – Esquema das atividades desenvolvidas no experimento 02.	115
FIGURA 19 – Equipe de pesquisadores realizando o rastreo cinemático simultâneo com os diferentes tipos de equipamentos utilizados no experimento.	116
FIGURA 20 – Local selecionado para a realização do perfil do terreno (Experimento 03).	118
FIGURA 21 – Levantamentos GPS (à esquerda) e geométrico (à direita) do Experimento 03.	118
FIGURA 22 – Esquema das atividades desenvolvidas no Experimento 03.	120
FIGURA 23 – Experimento 04 – Cálculo de área e de perfis longitudinal e transversal da praia a partir de MDT.	123
FIGURA 24 – Esquema das atividades desenvolvidas referentes aos cálculos de perfis do Experimento 04.	125
FIGURA 25 – Esquema das atividades desenvolvidas referentes aos cálculos de área do Experimento 04.	127
FIGURA 26 – Esquema das atividades desenvolvidas pelo programa de análises estatísticas.	134
FIGURA 27 – Esquema das análises efetuadas no Experimento 01.	139
FIGURA 28 – Localização do ponto PE01.	140
FIGURA 29 – Análise de erro e precisão do equipamento RTK com a totalidade das soluções.	159

FIGURA 30 - Análise de erro e precisão do equipamento RTK com as soluções fase.	159
FIGURA 31 - Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP com a totalidade das soluções.	160
FIGURA 32 - Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP com as soluções fase.	161
FIGURA 33 - Análise de erro e precisão do equipamento RTG com a totalidade das soluções.	162
FIGURA 34 – Análise de erro e precisão do equipamento RTG com as soluções Diferencial GPS SPS.	163
FIGURA 35 - Análise de erro e precisão dos levantamentos realizados em terreno limpo com as soluções fase/Diferencial GPS SPS.	164
FIGURA 36 - Análise de erro e precisão dos levantamentos realizados em terreno parcialmente obstruído com as soluções fase/Diferencial GPS SPS.	165
FIGURA 37 – Análise de erro e precisão dos levantamentos realizados em terreno obstruído com as soluções fase/Diferencial GPS SPS.	165
FIGURA 38 – Análise de erro e precisão do equipamento RTK com a totalidade das soluções (com e sem o uso dos filtros).	166
FIGURA 39 - Análise de erro e precisão do equipamento RTK com as soluções fase (com e sem o uso dos filtros).	167
FIGURA 40 - Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP com a totalidade das soluções (com e sem o uso dos filtros).	168
FIGURA 41 – Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP com as soluções fase (com e sem o uso dos filtros).	169
FIGURA 42- Análise de erro e precisão do equipamento RTG com a totalidade das soluções (com e sem o uso dos filtros).	170
FIGURA 43 – Análise de erro e precisão do equipamento RTG com as soluções Diferencial GPS SPS (com e sem o uso dos filtros).	171
FIGURA 44 – Análise dos coeficientes de determinação e de correlação.	175
FIGURA 45 – Análise de ganho médio em erro e precisão com uso de filtros (valores absolutos)	176
FIGURA 46 - Análise de ganho médio em erro e precisão com uso de filtros (valores percentuais)	176
FIGURA 47 - Análise de ganho acumulado em erro e precisão com uso de filtros (valores absolutos).	177
FIGURA 48 - Análise de ganho acumulado em erro e precisão com uso de filtros (valores percentuais).	178
FIGURA 49 – Análise de ganho em erro e precisão com o uso do filtro box-plot. ..	178
FIGURA 50 - Análise de ganho em erro e precisão com o uso do filtro de máscara.	179
FIGURA 51 – Análise dos DOPs na linha da Praia do Cais – período vespertino. .	196
FIGURA 52 – Análise dos DOPs na linha da Praia do Cais – período vespertino (após filtragem).	197

FIGURA 53 – Análise das precisões planimétrica, E e N do MPRC da linha da Praia do Cais (vespertino).	198
FIGURA 54 - Análise das precisões planimétrica, E e N do MPRC da linha da Praia do Cais (vespertino) (após filtragem).	198
FIGURA 55 - Análise das precisões altimétrica e tridimensional do MPRC da linha da Praia do Cais (vespertino).	199
FIGURA 56 - Análise das precisões altimétrica e tridimensional do MPRC da linha da Praia do Cais (vespertino) (após filtragem).	200
FIGURA 57 - Gráfico <i>skyplot</i> contendo a constelação GPS referente ao levantamento de linha de costa da Praia do Cais (vespertino).	201
FIGURA 58 - Gráfico de visibilidade do levantamento da linha da Praia do Cais (vespertino).	202
FIGURA 59 - Análise dos DOPs na linha da Praia do Cais – período noturno.	202
FIGURA 60 – Análise das precisões planimétrica, E e N do MPRC da linha da Praia do Cais (noturno).	203
FIGURA 61 – Análise das precisões altimétricas e tridimensionais do MPRC da linha da Praia do Cais (vespertino).	203
FIGURA 62 - Gráfico <i>skyplot</i> contendo a constelação GNSS referente ao levantamento de linha da Praia do Cais (noturno).	204
FIGURA 63 - Gráfico de visibilidade do levantamento da linha da Praia do Cais (noturno).	205
FIGURA 64 - Resultado do trajeto simultâneo realizado com o emprego dos equipamentos GPS no levantamento da linha da Praia do Cais (vespertino).	206
FIGURA 65 - Apresentação gráfica dos dados após a realização da filtragem.	207
FIGURA 66 - Situação inicial dos dados coletados no levantamento da linha de costa Praia do Cais (noturno).	208
FIGURA 67 - Situação dos dados do levantamento da linha de costa Praia do Cais (noturno) após a filtragem.	208
FIGURA 68 - Comportamento da precisão das soluções fase e código no posicionamento planimétrico NTRIP da linha de costa da praia (levantamento vespertino).	210
FIGURA 69 - Aproximação sobre os pontos das linhas de costa para a comprovação visual da relação da linha de tendência com os pontos do MPRC.	211
FIGURA 70 - Gráfico da variação do número de satélites observados no levantamento vespertino da linha da Praia do Cais.	212
FIGURA 71 – Gráfico da variação do HDOP durante o levantamento da linha da praia do cais (vespertino).	213
FIGURA 72 - Gráfico da precisão planimétrica do equipamento NTRIP (levantamento noturno).	215
FIGURA 73 - Análise da diferença de precisão planimétrica entre as soluções fase e código no levantamento noturno da linha da Praia do Cais.	215
FIGURA 74- Gráfico exibindo a variação do número de satélites observados no levantamento noturno da linha da Praia do Cais.	217

FIGURA 75 - Gráfico da variação do HDOP durante o levantamento da linha da Praia do Cais.	218
FIGURA 76 – Comparação entre o nivelamento geométrico e o rastreo GPS.	224
FIGURA 77 – Comparação entre os perfis do terreno.	225
FIGURA 78 – Análise de ganho em erro, precisão e acurácia – soluções fase/Diferencial GPS SPS.	240
FIGURA 79 – Análise de erro, precisão e acurácia médios dos desníveis.	241
FIGURA 80 – Análise de erro, precisão e acurácia do equipamento RTK.	241
FIGURA 81 – Análise de erro, precisão e acurácia do equipamento NTRIP.	242
FIGURA 82 – Análise de erro, precisão e acurácia do equipamento RTG.	242
FIGURA 83 – Análise dos dops no levantamento da área da praia MPRC (maré alta).	246
FIGURA 84 – Análise das precisões planimétricas do MPRC (maré alta).	247
FIGURA 85 - Análise das precisões altimétrica e tridimensional do MPRC (maré alta).	247
FIGURA 86 – Análise dos DOPs no levantamento da área da praia pelo MPRC durante a maré baixa.	248
FIGURA 87 – Análise das precisões planimétricas no levantamento da área da praia pelo MPRC durante a maré baixa.	249
FIGURA 88 - Análise das precisões altimétrica e tridimensional no levantamento da área da praia pelo MPRC durante a maré baixa.	249
FIGURA 89 – Análise dos dops do perfil transversal do levantamento MPRC (maré alta).	250
FIGURA 90 – Análise das precisões planimétricas do perfil transversal MPRC (maré alta).	251
FIGURA 91 - Análise das precisões altimétrica e tridimensional do perfil transversal MPRC (maré alta).	251
FIGURA 92 – Análise dos DOPs no perfil transversal do MPRC (maré baixa).	252
FIGURA 93 – Análise das precisões planimétricas do perfil transversal do MPRC (maré baixa).	253
FIGURA 94 – Análise das precisões altimétrica e tridimensional do perfil transversal do MPRC (maré baixa).	253
FIGURA 95 – Análise dos dops no perfil longitudinal do MPRC (maré alta).	254
FIGURA 96 – Análise das precisões planimétricas do perfil longitudinal do MPRC (maré alta).	255
FIGURA 97 – Análise das precisões altimétrica e tridimensional do perfil longitudinal do MPRC (maré alta).	255
FIGURA 98 – Análise dos DOPs no perfil longitudinal do MPRC (maré baixa).	256
FIGURA 99 – Análise das precisões planimétrica, e e n do perfil longitudinal do MPRC (maré baixa).	256
FIGURA 100- Análise das precisões altimétrica e tridimensional do perfil longitudinal do MPRC (maré baixa).	257
FIGURA 101 – Resultado do trajeto simultâneo realizado com o emprego dos equipamentos GPS no levantamento da área da Praia do Cais (maré baixa).	258

FIGURA 102 - Resultado do trajeto simultâneo realizado com o emprego dos equipamentos GPS no levantamento da área da Praia do Cais (maré alta).....	259
FIGURA 103 – Análise das áreas (maré alta e maré baixa) obtidas pelo levantamento MPRC.....	260
FIGURA 104 – Apresentação gráfica dos dados do levantamento da área da Praia do Cais (maré baixa) após a realização da filtragem.....	261
FIGURA 105 - Apresentação gráfica dos dados do levantamento da área da Praia do Cais (maré alta) após a realização da filtragem.	262
FIGURA 106 - Análise das áreas (maré alta e maré baixa) obtidas pelo equipamento RTG.....	263
FIGURA 107 - Análise das áreas (maré alta e maré baixa) obtidas pelo equipamento NTRIP.....	264
FIGURA 108 - Análise das áreas (maré alta e maré baixa) obtidas pelo equipamento RTK.	265
FIGURA 109 - Resultado do trajeto simultâneo realizado com o emprego dos equipamentos GPS no levantamento das seções transversais e longitudinais da Praia do Cais (maré baixa).....	268
FIGURA 110 - Resultado do trajeto simultâneo realizado com o emprego dos equipamentos GPS no levantamento das seções transversais e longitudinais da praia do cais (maré alta)	269
FIGURA 111 – Perfil longitudinal dos MDTs dos levantamentos realizados durante a maré baixa.....	270
FIGURA 112 - Perfil transversal dos MDTs dos levantamentos realizados durante a maré baixa.	271
FIGURA 113 - Perfil longitudinal dos MDTs dos levantamentos realizados durante a maré alta.....	272
FIGURA 114 - PERFIL TRANSVERSAL DOS MDTs DOS LEVANTAMENTOS REALIZADOS DURANTE A MARÉ ALTA.....	273
FIGURA 115 – Modelo Digital do Terreno da Praia do Cais - MPRC – mare baixa.....	289
FIGURA 116 – Modelo Digital do Terreno da Praia do Cais - MPRC – mare baixa.....	290
FIGURA 0117 - Número de observações classificadas de acordo com os diferentes tipos de soluções obtidas durante o levantamento PE01 - 01 – RTK.	295
FIGURA 0118 - Análise da variação da Componente E do levantamento PE01 – 01 – RTK.	296
FIGURA 0119 - Análise da variação da Componente N do levantamento PE01 – 01 – RTK.	296
FIGURA 0120 - Análise da variação da Componente Altimétrica do levantamento PE01 – 01 – RTK.	297
FIGURA 0121 - Análise das precisões E, N e Altimétrica do levantamento PE01 - 01 – RTK.....	297
FIGURA 0122 - Análise das precisões planimétrica e tridimensional do levantamento PE01 - 01 – RTK.....	298

FIGURA 0123 - DOPs e número de satélites observados no levantamento PE01 - 01 – RTK.....	298
FIGURA 0124 - Erros bidimensionais do levantamento PE01 - 01 – RTK.....	299
FIGURA 0125 - Histograma e curva normal da Componente E.	300
FIGURA 126 - Histograma e curva normal da Componente N.	300
FIGURA 127 - Histograma e curva normal da Componente Altimétrica.	301
FIGURA 128 – Gráfico Q-Q normal da Componente E.	302
FIGURA 129 – Gráfico Q-Q normal da Componente N.	302
FIGURA 130 – Gráfico Q-Q normal da Componente Altimétrica.	303
FIGURA 131 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente E.	305
FIGURA 132 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente N.	306
FIGURA 133 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente Altimétrica.	306
FIGURA 134 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente E após filtragem.	307
FIGURA 135 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente N após filtragem.	307
FIGURA 136 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente Altimétrica após filtragem.	308
FIGURA 137 - Número de observações classificadas de acordo com os diferentes tipos de soluções obtidas durante o levantamento PE01 - 01 – RTK após filtragem.	310
FIGURA 138 - Análise da variação da Componente E do levantamento PE01 – 01 – RTK após a filtragem.	311
FIGURA 139 - Análise da variação da Componente N do levantamento PE01 – 01 – RTK após a filtragem.	311
FIGURA 140 - Análise da variação da Componente Alt do levantamento PE01 – 01 – RTK após a filtragem.	312
FIGURA 141 – DOPs e número de satélites observados no levantamento PE01 - 01– RTK após a filtragem.	312
FIGURA 142 – Erros bidimensionais do levantamento PE01 – 01 – RTK após a filtragem.	313
FIGURA 143 - Histograma e curva normal da Componente E após realização da filtragem.	314
FIGURA 144 - Histograma e curva normal da Componente N após realização da filtragem.	314
FIGURA 145 - Histograma e curva normal da Componente Alt após realização da filtragem.	315
FIGURA 146 – Gráfico Q-Q Normal da Componente E após filtragem	316
FIGURA 147 – Gráfico Q-Q Normal da Componente N após filtragem	316
FIGURA 148 – Gráfico Q-Q Normal da Componente Alt após filtragem	317
FIGURA 149 - Análise da variação da Componente E fase.	319
FIGURA 150 - Análise da variação da Componente N fase.	319
FIGURA 151 - Análise da variação da Componente Alt fase.....	320
FIGURA 152 – DOPs e número de satélites observados no levantamento PE01 – 01 – RTK fase.....	320
FIGURA 153 - Erros bidimensionais do levantamento PE01 – 01 – RTK fase.	321

FIGURA 154 - Histograma e curva normal da Componente E .	322
FIGURA 155 - Histograma e curva normal da Componente N .	322
FIGURA 156 - Histograma e curva normal da Componente Alt .	323
FIGURA 157 - Gráfico Q-Q Normal da Componente E .	323
FIGURA 158 - Gráfico Q-Q Normal da Componente N .	324
FIGURA 159 - Gráfico Q-Q Normal da Componente Alt.....	324
FIGURA 160 – Localização das estações do serviço RBMC-IP do IBGE.....	364
FIGURA 161 – Relatório de Informação de Estação – ONRJ – 1ª parte.	365
FIGURA 162 – Relatório de Informação de Estação – ONRJ – 2ª parte.	366
FIGURA 163 – Relatório de Informação de Estação – ONRJ – 3ª parte.	367
FIGURA 164 – Relatório de Informação de Estação – RIOD – 1ª parte.	368
FIGURA 165 – Relatório de Informação de Estação – RIOD – 2ª parte.	369
FIGURA 166 – Relatório de Informação de Estação – RIOD – 3ª parte.	370

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Características dos sinais GPS.	57
TABELA 2 – Características do Código C/A e do Código P.	58
TABELA 3 – Características principais dos sistemas GPS, GLONASS e GALILEO.	62
TABELA 4 – Precisão alcançada com os Métodos de Posicionamento GNSS.	64
TABELA 5 – Comparação entre Métodos de Posicionamento Diferencial.	67
TABELA 6 – Estações de referência DGPS da Marinha do Brasil.	70
TABELA 7 – Influência dos erros no posicionamento relativo.	79
TABELA 8 – Influência dos erros no posicionamento absoluto.	79
TABELA 9 – Versões 2.X das mensagens RTCM.	85
TABELA 10 - Tipos de mensagens RTCM V 2.2.	87
TABELA 11- Tipos de mensagens RTCM V 3.1.	88
TABELA 12 – Evolução das versões e revisões do RTCM standard SC-104.	89
TABELA 13 - Mensagens NMEA 0183 para equipamentos GPS e suas funções. ...	91
TABELA 14 – Mensagem NMEA \$GPGGA (Posição).	92
TABELA 15 – Exemplos de conteúdo por tipo de mensagem NMEA 0183	92
TABELA 16 - Especificações técnicas do GPS Leica 900CS.	99
TABELA 17 - Especificações técnicas do GPS Leica RX1250Xc (NTRIP).	100
TABELA 18 - Especificações técnicas do GPS Leica GX1230GG (RTK).	101
TABELA 19 - Especificações técnicas do GPS C-Nav3050.	102
TABELA 20 - Especificações técnicas do Nível Leica Sprinter 100.	102
TABELA 21 – Coordenadas geodésicas da Estação Base (SIRGAS2000).	105
TABELA 22 – Data dos levantamentos realizados pela Estação Base (de referência).	106
TABELA 23 – Descrição dos experimentos de campo.	106
TABELA 24 - Classificação quanto ao entorno dos pontos.	108
TABELA 25 - Especificações técnicas para a coleta de dados.	108
TABELA 26 - Linhas de base e duração dos levantamentos MPRE - Experimento 01.	110
TABELA 27 – Duração dos levantamentos RTK - Experimento 01.	111
TABELA 28 – Duração dos levantamentos NTRIP - Experimento 01.	112
TABELA 29 – Duração dos levantamentos RTG - Experimento 01.	113
TABELA 30 - Configuração dos equipamentos GPS para a realização do Experimento 02.	116
TABELA 31 – Dados dos levantamentos da linha de costa sem obstruções referentes ao Experimento 02.	117
TABELA 32 - Configuração dos equipamentos GPS para a realização do Experimento 03.	119
TABELA 33 – Linha de base e duração dos levantamentos MPRE - Experimento 03.	121
TABELA 34 – Duração dos levantamentos RTK - Experimento 03.	121

TABELA 35 – Duração dos levantamentos NTRIP - Experimento 03.....	122
TABELA 36 – Duração dos levantamentos RTG - Experimento 03.....	122
TABELA 37 - Configuração dos equipamentos GPS para a realização do Experimento 04.....	128
TABELA 38 - Descrição dos levantamentos do Experimento 04.	128
TABELA 39 – Dados dos levantamentos dos perímetros da Praia do Cais (maré alta e maré baixa) referentes ao Experimento 04.....	129
TABELA 40 - Dados dos levantamentos das seções transversais da Praia do Cais (maré alta e maré baixa) referentes ao Experimento 04.....	129
TABELA 41 - Dados dos levantamentos das seções longitudinais da Praia do Cais (maré alta e maré baixa) referentes ao Experimento 04.....	130
TABELA 42 - Configurações do processamento referente aos levantamentos relativos GPS estático e cinemático.	131
TABELA 43 – Coordenadas geodésicas (SIRGAS2000) dos pontos obtidas através do Método de Posicionamento Relativo Estático.....	137
TABELA 44 – Coordenadas altimétricas dos pontos obtidas através do Método de Posicionamento Relativo Estático (MPRE).....	138
TABELA 45 – Coordenadas cartesianas (UTM / SIRGAS2000) dos pontos obtidas através do Método de Posicionamento Relativo Estático.	138
TABELA 46 – Classes de saída da mensagem NMEA GGA (Campo F6).	141
TABELA 47 - Características dos levantamentos efetuados no PE01.	141
TABELA 48 – Coordenadas UTM obtidas no ponto PE01 utilizando todas as soluções geradas.	142
TABELA 49 - Análise das observações do PE01 utilizando todas as soluções geradas.....	142
TABELA 50 – Número de satélites rastreados e GDOP para todos os levantamentos com todas as soluções geradas (PE01).	143
TABELA 51 - Coordenadas obtidas a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS.	144
TABELA 52 - Análise dos erros e precisões alcançados com as soluções fase/Diferencial GPS SPS para o PE01.	144
TABELA 53 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS (PE01) (altimétrica e planimétrica).	145
TABELA 54 - Coordenadas UTM resultantes da filtragem pelo box-plot aplicada a todas as soluções.	145
TABELA 55 – Análise do total das soluções com filtro box-plot (altimétrica).	146
TABELA 56 – Análise do total das soluções com filtro box-plot (planimétrica).	146
TABELA 57 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir da totalidade das soluções com o filtro box-plot (altimétrico).	147
TABELA 58 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir da totalidade das soluções com o filtro box-plot (planimétrico).....	147
TABELA 59 - Coordenadas UTM resultantes da filtragem de máscara aplicada a todas as soluções obtidas.	148
TABELA 60 – Análise do total das soluções com filtro de máscara (altimétrica). ...	148

TABELA 61 – Análise do total das soluções com filtro de máscara (planimétrica).	149
TABELA 62 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir do total das soluções com o filtro de máscara (altimétrico).	149
TABELA 63 - Número de satélites rastreados e gdop a partir do total das soluções com o filtro de máscara (planimétrico).	150
TABELA 64 – Análise da regressão linear planimétrica (E x T) de todas as soluções.	150
TABELA 65 – Coordenadas UTM resultantes da filtragem box-plot aplicada às soluções fase.	151
TABELA 66 – Análise das soluções fase com filtro box-plot (altimétrica).	151
TABELA 67 – Análise das soluções fase com filtro box-plot (planimétrica).	151
TABELA 68 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS com o filtro box-plot (altimétrico).	152
TABELA 69 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS com o filtro box-plot (planimétrico).	152
TABELA 70 - Coordenadas UTM resultantes da aplicação do filtro de máscara às soluções fase/Diferencial GPS SPS.	153
TABELA 71 – Análise das soluções fase/Diferencial GPS SPS com filtro de máscara (altimétrica).	153
TABELA 72 - Análise das soluções fase/Diferencial GPS SPS com filtro de máscara (planimétrica).	154
TABELA 73 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS com o filtro de máscara (altimétrico).	154
TABELA 74 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS com o filtro de máscara (planimétrico).	155
TABELA 75 - Análise da regressão linear planimétrica (E X T) das soluções fase/Diferencial GPS SPS.	155
TABELA 76 – Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros (total de soluções).	156
TABELA 77 – Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros em percentagem (total de soluções).	156
TABELA 78 - Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros (soluções fase/Diferencial GPS SPS).	157
TABELA 79 - Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros em percentagem (soluções fase/Diferencial GPS SPS).	157
TABELA 80 – Análise de erro e precisão do equipamento RTK.	160
TABELA 81 - Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP.	161
TABELA 82 – Análise de erro e precisão do equipamento RTG.	163
TABELA 83 – Análise de erro e precisão do equipamento RTK.	167
TABELA 84 – Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP.	169
TABELA 85 – Análise de erro e precisão do equipamento RTG.	171
TABELA 86 – Análise da regressão linear planimétrica para a totalidade das soluções.	173

TABELA 87 – Análise da regressão linear planimétrica para as soluções fase/Diferencial GPS SPS.....	174
TABELA 88 – Análise de acurácia do PE01.....	180
TABELA 89 - Análise de acurácia do PE02.....	182
TABELA 90 - Análise de acurácia do PE03.....	183
TABELA 91 - Análise de acurácia do PE04.....	184
TABELA 92 - Análise de acurácia do PE05.....	185
TABELA 93 - Análise de acurácia do PE06.....	186
TABELA 94 - Análise de acurácia do PE07.....	188
TABELA 95 - Análise de acurácia do PE08.....	189
TABELA 96 - Análise de acurácia do PE09.....	190
TABELA 97 - Análise de acurácia do PE10.....	191
TABELA 98 - Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metro nos pontos limpos.	193
TABELA 99 - Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metro nos pontos parcialmente obstruídos.	194
TABELA 100 - Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metro nos pontos obstruídos.	195
TABELA 101 – Configuração dos processamentos do MPRC.	196
TABELA 102 - Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento GPS.	209
TABELA 103 - Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento Diferencial GPS NTRIP.....	210
TABELA 104 - Análise estatística planimétrica de erro do levantamento da linha da praia do cais (vespertino).....	211
TABELA 105 – Análise estatística planimétrica de acurácia do levantamento da linha da praia do cais (vespertino).	212
TABELA 106 - Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento GPS (levantamento noturno).	214
TABELA 107 - Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento Diferencial GPS NTRIP.....	216
TABELA 108 - Análise estatística planimétrica de erro do levantamento noturno da linha da praia do cais.	216
TABELA 109 – Análise estatística planimétrica de acurácia do levantamento noturno da linha da praia do cais.	217
TABELA 110 - Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros.....	219
TABELA 111 – Valor médio dos desníveis obtidos com. o nivelamento geométrico ou desnível padrão.	220
TABELA 112 – Configuração dos processamentos do MPREX.	220
TABELA 113 – Coordenadas UTM, tipo de solução e ambiguidade obtidas com o processamento do levantamento GPS na frequência L1.....	221
TABELA 114 - Precisoões obtidas com o processamento do levantamento GPS na frequência L1.	221
TABELA 115 - Análise dos dados obtidos do processamento do levantamento GPS na frequência L1.	222

TABELA 116 – Coordenadas utm, tipo de solução e ambiguidade obtidas com o processamento do levantamento GPS nas frequências L1 e L2.	222
TABELA 117 – Precisões obtidas com o processamento do levantamento GPS nas frequências L1 e L2.....	223
TABELA 118 – Análise dos dados obtidos do processamento do levantamento GPS nas frequências L1 e L2.	223
TABELA 119 – comparação entre lances (discrepâncias encontradas).	225
TABELA 120 - Análise de erro e precisão do PF0201.....	226
TABELA 121 - Análise de erro e precisão do PF0201 com filtros.....	227
TABELA 122 - Análise dos ganhos de erro e precisão do PF0201 com filtro box-plot.	228
TABELA 123 - Análise dos ganhos de erro e precisão do PF0201 com filtro de máscara.....	228
TABELA 124 - Análise de erro e precisão do PF0302.....	229
TABELA 125 - Análise de erro e precisão do PF0302 com filtros.....	229
TABELA 126 - Análise dos ganhos com erro e precisão do PF0302 com filtro box-plot.	230
TABELA 127 - Análise dos ganhos com erro e precisão do PF0302 com filtro de máscara.....	230
TABELA 128 - Análise de erro e precisão do PF0403	231
TABELA 129 - Análise de erro e precisão do PF0403 com filtros.....	231
TABELA 130 - Análise de ganhos em erro e precisão do PF0403 com filtro box-plot.	232
TABELA 131 - Análise de ganhos erro e precisão do PF0403 com filtro de máscara.....	232
TABELA 132 - Análise de erro e precisão do PF0504.....	232
TABELA 133 - Análise de erro e precisão do PF0504 com filtros.....	233
TABELA 134 - Análise de ganhos em erro e precisão do PF0504 com filtro box-plot.	234
TABELA 135 - Análise de ganhos em erro e precisão do PF0504 com filtro de máscara.....	234
TABELA 136 - Análise de erro e precisão do PF0605	234
TABELA 137 - Análise de erro e precisão do PF0605 com filtros.....	235
TABELA 138 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0605 com filtro box-plot.	236
TABELA 139 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0605 com filtro de máscara.....	236
TABELA 140 - Análise de erro e precisão do PF0706	236
TABELA 141 - análise de erro e precisão do PF0706 com filtros.	237
TABELA 142 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0706 com filtro box-plot.	237
TABELA 143 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0706 com filtro de máscara.....	238
TABELA 144 - Análise de erro e precisão do PF0807.....	238

TABELA 145 - Análise de erro e precisão do PF0807 com filtros.....	239
TABELA 146 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0807 com filtro box-plot.	239
TABELA 147 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0807 com filtro de máscara.	240
TABELA 148 – Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros (1ª parte).	243
TABELA 149 - tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros (2ª parte). .	244
TABELA 150 – Configuração dos processamentos do MPRC.	245
TABELA 151 – Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré baixa.	266
TABELA 152 - Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré baixa (acurácia).	266
TABELA 153 - Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré alta.	266
TABELA 154 – Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré alta (acurácia).	267
TABELA 155 – Análise de erro referente à diferença de área e perímetro de retrogradação da área de praia.	267
TABELA 156 - Análise de acurácia referente à diferença de área e perímetro de retrogradação da área de praia.	267
TABELA 157 - Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros.	274
TABELA 158 – Análise de erro de recuo e avanço da linha de costa com a mudança da maré.	275
TABELA 0159 - Dados obtidos pelo pós-processamento do levantamento PE01 – MPRE.	291
TABELA 0160 - DOPs do levantamento PE01 – MPRE.	292
TABELA 0161 - Duração dos levantamentos e distância da Estação de referência.	292
TABELA 0162 - Estatística descritiva do levantamento PE01 - 01 – RTK.	293
TABELA 0163 - Distância interquartilica (Q3-Q1).	293
TABELA 0164 - Coeficiente de Variação de Pearson (CV) da amostra.	294
TABELA 0165 - Testes de normalidade.	304
TABELA 166 – Estatística descritiva do levantamento PE01 – 01 – RTK após a filtragem.	309
TABELA 0167 - Coeficiente de Variação de Pearson (CV) da amostra após a filtragem.	309
TABELA 168 - Distância interquartilica (Q3-Q1).	310
TABELA 169 – Testes de normalidade após a realização da filtragem.	313
TABELA 170 – Estatística descritiva do levantamento PE01 – 01 – RTK fase.	318
TABELA 171 - Distância interquartilica (Q3-Q1).	318
TABELA 172 – Teste de normalidade do levantamento PE01 – 01 – RTK fase.	321
TABELA 173 – Resultados do teste T.	325
TABELA 174 – Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp E – 1ª parte.	326

TABELA 175 - Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp E – 2ª parte.....	327
TABELA 176 - Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp N – 1ª parte.	328
TABELA 177 - Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp N – 2ª parte.	329
TABELA 178 - Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp Altimétrica – 1ª parte.	329
TABELA 179 - Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp Altimétrica – 2ª parte.	330
TABELA 180 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp E – 1ª parte.....	331
TABELA 181 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp E – 2ª parte.....	332
TABELA 182 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp N – 1ª parte.....	332
TABELA 183 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp N – 2ª parte.....	333
TABELA 184 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp Alt – 1ª parte.....	334
TABELA 185 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp Alt – 2ª parte.....	335
TABELA 186 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp E – 1ª parte.....	335
TABELA 187 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp E – 2ª parte.....	336
TABELA 188 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp N – 1ª parte.....	337
TABELA 189 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp N – 2ª parte.....	338
TABELA 190- Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp Alt – 1ª parte.....	338
TABELA 191 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp Alt – 2ª parte.....	339
TABELA 192 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp E – 1ª parte.....	340
TABELA 193 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp E – 2ª parte.....	341
TABELA 194 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp N – 1ª parte.....	341
TABELA 195 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp N – 2ª parte.....	342
TABELA 196 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp Alt – 1ª parte.....	343

TABELA 197 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp Alt – 2ª parte.	344
TABELA 198 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp E – 1ª parte.....	345
TABELA 199 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp E – 2ª parte.....	346
TABELA 200 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp N – 1ª parte.	347
TABELA 201 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp N – 2ª parte.	348
TABELA 202 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp Alt – 1ª parte.....	348
TABELA 203 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp Alt – 2ª parte.....	349
TABELA 204 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp E – 1ª parte.	350
TABELA 205 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp E – 2ª parte.	351
TABELA 206 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp N – 1ª parte.	351
TABELA 207 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp N – 2ª parte.	352
TABELA 208 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp Alt – 1ª parte.....	353
TABELA 209 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp Alt – 2ª parte.....	354
TABELA 210 – Resumo dos testes estatísticos realizados nos processamentos do Experimento 01.....	355
TABELA 211 – TABELA ASCII dos caracteres de controle.....	356
TABELA 212 – TABELA ASCII normal – 1ª parte.....	357
TABELA 213 – TABELA ASCII normal – 2ª parte.....	358
TABELA 214 – TABELA ASCII estendida – 1ª parte.....	359
TABELA 215 – TABELA ASCII estendida – 2ª parte.....	360
TABELA 216 – TABELA ASCII estendida – 3ª parte.....	361

LISTA DE ABREVIATURAS

AAF	<i>American Air Force</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
CHM	Centro de Hidrografia da Marinha
CIBERS	Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
CR	<i>Carriage Return</i>
DDF	Dupla Diferença de Fase
DECCA	<i>Low frequency continuous wave phase comparasion navigation</i>
DGPS	<i>Differential GPS</i>
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
EGNOS	<i>European Geostationary Navigation Overlay Service</i>
ERA	Estação de Referência Ativa
DoD	<i>Department of Defense</i>
FKP	<i>Flachen Corretour Parameter</i>
FM	<i>Frequency Modulation</i> (Frequência Modulada)
GALILEO	<i>European Satellite Navigation System</i>
GBAS	<i>Ground-Based Augmentation System</i>
GcGPS	GPS Global Corrigido
GDOP	<i>Geometry Diluition of Precision</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GLONASS	<i>GLObal NAvigation Satellite System</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HDOP	<i>Horizontal Diluition of Precision</i>
HTTP	<i>Hipertext TransferProtocol</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IHO	<i>International Hidrographic Organization</i>
INMARSAT	<i>International Mobile Satellite Organization</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
JPL	<i>Jet Propulsion Laboratory</i>
LAGEH	Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia
LF	<i>Line Feed</i>
LGO	<i>Leica Geo Office</i>
LORAN	<i>Long-Range Navigation System</i>
MAC	<i>Master Auxiliary Concept</i>
MB	Marinha do Brasil
MDT	Modelo Digital do Terreno
MPDGPS	Método de Posicionamento Diferencial GPS
MPRC	Método de Posicionamento Relativo Cinemático
MPRE	Método de Posicionamento Relativo Estático
MPRER	Método de Posicionamento Relativo Estático Rápido
MSAS	MTSAT Satellite Augmentation System
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NIMA	<i>National Imagery and Mapping Agency</i>
NMEA	<i>National Marine Eletronics Association</i>
NNSS	<i>Navy Navigation Satellite System</i>
NPH	<i>Network Processing Hubs</i>
NTRIP	<i>Network Transport of RTCM via Internet Protocol</i>
Ômega	<i>Global Low Frequency System</i>
OTF	<i>On the Fly</i>
PDGPS	<i>Precise DGPS</i>
PDOP	<i>Position Diluition of Precision</i>
PP	Posicionamento por Ponto
PPP	Posicionamento por Ponto Preciso
PPS	<i>Precise Positioning Service</i>
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo

RDS	<i>Radio Data System</i>
RTCM SC-104	<i>Radio Technical Commission for Maritime Services – Special Committe 104</i>
RTG	<i>Real Time Gipsy</i>
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
SBAS	<i>Satellite-Based Augmentation System</i>
SIG	<i>Sistema de Informações Geográficas</i>
SPS	<i>Standard Positioning Service</i>
TCP/IP	<i>Transfer Control Protocol / Internet Protocol</i>
TDOP	<i>Time Diluition of Precision</i>
TTFA	<i>Tempo de Fixação das Ambiguidades</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
UTC	<i>Coordinated Universal Time</i>
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>
VB	<i>Visual Basic</i>
VBA	<i>Visual Basic for Applications</i>
VDOP	<i>Vertical Diluition of Precision</i>
VHF	<i>Very High Frequency</i>
VRS	<i>Virtual Reference Station</i>
WAAS	<i>Wide Area Augmentation System</i>
WADGPS	<i>Wide Area DGPS</i>
WGS84	<i>World Geodetic System 1984</i>

SUMÁRIO

RESUMO	09
ABSTRACT	12
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE TABELAS	26
LISTA DE ABREVIATURAS	37
1 INTRODUÇÃO	40
1.1 PROBLEMA	47
1.2 HIPÓTESE	47
1.3 JUSTIFICATIVA	48
1.4 OBJETIVO	48
1.4.1 Objetivo geral	48
1.4.2 Objetivos específicos	49
2 REVISÃO TEÓRICA	51
2.1 O GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SISTEM – GNSS	51
2.1.1 Sistema de posicionamento global – NAVSTAR-GPS	51
2.1.2 Outros sistemas globais de posicionamento	56
2.2 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO	58
2.2.1 Método relativo	59
2.2.2 Método diferencial	61
2.2.2.1 RTK (Real Time Kinematic)	67
2.2.2.2 NTRIP	69
2.2.2.3 Técnica Real Time GIPSY (RTG)	72

2.3 INFLUÊNCIA DOS ERROS NAS MEDIÇÕES GNSS	74
2.3.1 Erros relacionados aos satélites	76
2.3.2 Erros relacionados à propagação do sinal	76
2.3.3 Erros relacionados ao receptor/antena	78
2.3.4 Erros relacionados à estação	79
2.4 DILUIÇÃO DA PRECISÃO (DOP)	79
2.5 MENSAGENS RTCM STANDARD SC-104	80
2.6 MENSAGENS NMEA 0183	85
2.7 ANÁLISE DE OBSERVAÇÕES	89
3 METODOLOGIA	92
3.1 LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	92
3.2 RECURSOS UTILIZADOS	94
3.3 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GPS UTILIZADOS	99
3.4 LEVANTAMENTO DOS DADOS EM CAMPO	102
3.4.1 Análise de coordenadas geodésicas de pontos (Experimento 01)	102
3.4.2 Análise de linhas (Experimento 02)	110
3.4.3 Análise de desníveis em um perfil (Experimento 03)	113
3.4.4 Análise de área e de perfis longitudinal e transversal de praia a partir de MDT (Experimento 04)	119
3.5 PROCESSAMENTO DOS DADOS GPS BRUTOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	126
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	132
4.1 ANÁLISE DE COORDENADAS GEODÉSICAS DE PONTOS (Experimento 01)	132
4.1.1 Análise de coordenadas geodésicas referentes ao ponto PE01	136

4.1.2 Análise do erro e da precisão dos 10 pontos	154
4.1.2.1 RTK	154
4.1.2.2 NTRIP	156
4.1.2.3 RTG	158
4.1.3 Análise do erro e da precisão dos 10 pontos agrupados por tipo de obstrução para os diferentes levantamentos	160
4.1.4 Análise do erro e da precisão dos 10 pontos para os levantamentos diferenciais em relação à filtragem	162
4.1.4.1 RTK	162
4.1.4.2 NTRIP	164
4.1.4.3 RTG	166
4.1.5 Análise dos coeficientes de determinação quando da aplicação do filtro de mascara para cada um dos levantamentos realizados	168
4.1.6 Análise do ganho quando da aplicação dos filtros para cada um dos levantamentos realizados	171
4.1.7 Análise da acurácia dos 10 pontos para os levantamentos diferenciais .	175
4.1.8 Análise do tempo necessário de rastreo para alcançar a precisão 0,1 metros	188
4.2 ANÁLISE DE LINHAS (Experimento 02)	191
4.2.1 Linha da Praia do Cais (levantamento vespertino)	205
4.2.2 Linha da Praia do Cais (levantamento noturno)	209
4.2.3 Análise do tempo necessário de rastreo para alcançar a precisão 0,1 metros	214
4.3 ANÁLISE DE DESNÍVEIS DE UM PERFIL (Experimento 03)	215
4.3.1 Análise dos desníveis realizados com os equipamentos avaliados (RTK,	

NTRIP e RTG) ..	222
4.3.2 Análise do tempo necessário de rastreo para alcançar a precisão 0,1 metros	239
4.4 ANÁLISE DE ÁREA E PERFIS LONGITUDINAL E TRANSVERSAL DE PRAIA A PARTIR DE MDT (Experimento 04)	240
4.4.1 Análise de área de praia	256
4.4.2 Análise de perfis longitudinal e transversal de praia a partir de MDT ...	264
4.4.3 Análise do tempo necessário de rastreo para alcançar a precisão 0,1 metros	269
4.4.4 Análise do recuo e do avanço da linha de costa com o avanço da maré .	270
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	272
5.1 CONCLUSÕES	272
5.2 RECOMENDAÇÕES	276
REFERÊNCIAS	278
APÊNDICE A - Modelos Digitais do Terreno	284
APÊNDICE B - Resultados obtidos com o processamento e com a análise estatística de acurácia e de precisão dos dados coletados no levantamento PE01 – 01 – RTK (Experimento 01)	286
APÊNDICE C - Testes estatísticos e intervalos de confiança	321
APÊNDICE D - Tabelas ASCII	351
APÊNDICE E - Tabulação dos dados	357
ANEXO A - Localização das estações do serviço RBMC-IP do IBGE	359
ANEXO B - Relatórios de Informação de Estação RBMC do IBGE	360

1 INTRODUÇÃO

Atualmente posicionar um objeto em qualquer lugar da superfície terrestre, ou seja, atribuir-lhe coordenadas geodésicas, é uma tarefa que pode ser realizada com relativa simplicidade, contudo tal posicionamento foi um problema por muito tempo. Nos primórdios, o homem utilizava-se do Sol, das estrelas e dos planetas com intuito de se orientar, já que sempre esteve interessado em saber onde se localizava, onde estavam seus locais de caça, seus locais de comércio (MONICO, 2008). No entanto as condições climáticas e as exigências de habilidades do navegador eram um fator limitante (DOTTORI e NEGRAES, 1997). Os chineses criam a bússola, que determina uma revolução no campo da navegação. Mas ainda persistia o problema de como determinar uma posição. Surge o astrolábio, que possibilitava apenas o conhecimento da latitude geográfica, com grande margem de erro e só possibilitando medições noturnas. Melhorias ao longo dos anos permitiram o surgimento de novos instrumentos tais como o quadrante de Davis e o sextante, sem avanços significativos. A determinação da longitude somente foi possível no século XVIII com o desenvolvimento de relógios mecânicos que podiam ser transportados em navios que iam para o alto mar (SOBEL, 2008).

Por ocasião da 2ª Guerra Mundial, o LORAN (*Long-Range Navigation System*), o DECCA (*Low frequency continuous wave phase comparsion navigation*) e o Ômega (*Global low frequency navigation system*), que se baseavam em ondas de rádio, permitem o apoio ao posicionamento à faixa costeira, sem permitir o posicionamento global (no caso do LORAN e do DECCA) e sem possuir uma boa acurácia e precisão em seus posicionamentos (o LORAN-C apresentava precisão em área de cobertura de ondas terrestres de cerca de 200 m, enquanto que o erro nas posições DECCA poderiam ser inferiores a 50 m). No século XXI, com o advento da eletrônica, da computação e das tecnologias espaciais, foi então desenvolvido o NNSS (*Navy Navigation Satellite System*), mais conhecido como sistema Transit, sistema esse baseado em satélites artificiais que possuíam órbitas baixas e com uma constelação limitada em 10 satélites. Tal sistema apresentava longo período de espera para a realização do posicionamento, e possuía precisão de várias centenas de metros (SEEBER, 2003).

Na década de 70, surge o GPS (Sistema de Posicionamento Global), uma fusão do PROJETO 621B da Força Aérea Norte-americana e do TIMATION da Marinha Norte-americana, que veio para solucionar uma série de limitações no campo do posicionamento ao longo dos séculos (JÚNIOR, 2003). Também conhecido como NAVSTAR-GPS (*NAVigation Satellite with Time And Ranging – Global Positioning System*), é um sistema de radionavegação desenvolvido com o intuito de ser o principal sistema de navegação das forças armadas norte-americanas. Ele tem como princípio básico de navegação a distância entre o usuário e, pelo menos, quatro satélites, permitindo que um usuário em qualquer ponto da superfície da Terra tenha acesso aos sinais dos satélites para serem rastreados (MONICO, 2008).

Em razão do grande desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores GPS, uma ampla comunidade usuária surgiu em diversos segmentos, facilitando o trabalho e aumentando o desenvolvimento em vários setores. Como exemplo, pode-se citar a utilização do GPS no campo da Geodésia, que é a ciência que estuda e determina as dimensões da Terra e do campo de gravidade, onde o GPS apresenta grande importância, uma vez que pode ser usado em qualquer condição climática e também que não há necessidade de intervisibilidade entre as estações, quando comparado aos métodos convencionais de levantamento (MONICO, 2008).

Com o desenvolvimento e a utilização do GPS como uma nova tecnologia de navegação via satélite, surgiram novas formas de se realizar as atividades de navegação e posicionamento. Neste momento também houve um grande desenvolvimento da telefonia móvel e da eletrônica dos equipamentos, o que se tornou um grande e novo paradigma e tendência mundial, aumentando a busca cada vez mais por posições acuradas em tempo real (KRUEGER, 1996).

O DGPS (*Differential GPS*) é um método ou técnica de posicionamento GPS em tempo real que gera correções diferenciais na estação de referência, e dessa forma, se utilizando de tais correções diferenciais geradas, tem a possibilidade de reduzir os erros existentes na estação de referência, e assim, através da utilização de diferentes meios de comunicação, faz com que tais correções cheguem até às estações *rover* ou móveis que estejam realizando suas coletas de dados. As correções diferenciais geradas podem ser a diferença entre as coordenadas verdadeiras e as obtidas por ponto, ou entre pseudodistâncias verdadeiras e as medidas. Foi desenvolvido inicialmente para aplicação em navegação. Sua precisão é da ordem de 1 m a 5 m (SEEBER, 2003).

Outro dos métodos de Posicionamento em tempo real existente é o RTK (*Real Time Kinematic*), que apresenta acurácia centimétrica (SEEBER, 2003; PRADO, 2001). Para realização de um levantamento com este método, é necessário instalar um receptor em uma estação com coordenadas conhecidas (estação de referência RTK), um receptor móvel e empregar um meio de comunicação, em geral um rádio de comunicação (nas frequências VHF/UHF), para enviar as correções diferenciais da estação de referencia RTK para o receptor móvel num formato apropriado chamado RTCM. O sucesso deste levantamento está diretamente ligado à conexão via *link* de rádio entre a estação de referência e a estação móvel, uma vez que a referida correção diferencial precisa chegar à segunda em tempo real. Desta forma, uma limitação para este método é o alcance das ondas de rádio (KRUEGER, 1996).

Uma alternativa para o envio dessas correções pode ser o envio através do protocolo NTRIP (*Network Transport of RTCM via Internet protocol*) que é capaz de transmitir os dados via internet, inclusive via *wireless*, gerenciado por um conjunto de softwares que convertem o protocolo RTCM para a linguagem de Internet em um IP. Este IP é selecionado, por meio da configuração realizada na estação de referência, a qual é escolhida pelo usuário quando ele configura o seu equipamento móvel durante o levantamento pelo método RTK/GSM e com uso do serviço NTRIP (LENZ, 2004).

Outro método de posicionamento em tempo real é chamado de RTG (*Real Time Gipsy*), também conhecido como GPS Global Corrigido (GcGPS). Ele não requer estações terrestres de referências locais, pois opera com uma rede de estações de referência. Ele possui correções de refração atmosférica e de órbita para cada satélite ativo das constelações GPS e GLONASS. Estas correções são enviadas aos usuários através de três satélites Inmarsat (satélites comerciais de comunicação geoestacionários). Sua precisão horizontal e vertical são superiores a 10 cm, ou seja, é da ordem de centímetros a decímetros e oferece dados em tempo real (LEANDRO *et al.*, 2008).

Em estudos publicados, verifica-se um aumento de pesquisas aplicando os métodos de posicionamento em tempo real em diferentes finalidades. Em nível nacional percebe-se em 1994 (KRUEGER, 1994) o método sendo empregado no posicionamento de trens e em 1996 (KRUEGER, 1996) este método de posicionamento passa a ser utilizado no posicionamento de embarcações em levantamentos batimétricos. Wübbena *et al.* (1995) comentou, já nesta data, o grande

interesse nas aplicações em tempo real em nível internacional, e na integração com outros ramos, que necessitam de coordenadas precisas, como é o caso do GIS.

Em análise da precisão e da correção espacial nas técnicas DGPS e RTK, Prado (2001) utiliza doze estações testes cujos comprimentos das linhas de base variam de 0,2 km a 29 km para avaliar a degradação que ocorre na precisão do posicionamento devido a correlação espacial nas técnicas anteriormente citadas. Em sua conclusão constata que para tais linhas de base, o DGPS possibilitou erros horizontais inferiores a 3,5 m, ao passo que na técnica RTK, estes erros não ultrapassaram a 6 cm. Com respeito aos erros altimétricos, verificou-se que os mesmos são inferiores a 4 m na técnica DGPS e a 15 cm na técnica RTK.

Hu *et al.* (2003) conduziram uma série de testes em diversas localidades de Cingapura com o objetivo de se avaliar a precisão e o tempo de inicialização para o posicionamento VRS RTK, conseguindo resultados que confirmam uma precisão horizontal de 3 cm e uma precisão vertical dentro de um intervalo de 1 cm a 5 cm, assim como um tempo médio de inicialização de 2 minutos.

Em levantamento cadastral do LAGEH com DGPS preciso, Sejas e Krueger (2002) analisam as precisões das coordenadas levantadas mediante alguns parâmetros, como desvio padrão, contraste, satélites presentes durante o rastreo, as ambiguidades fixadas e o tempo de fixação das ambiguidades (TTFA).

Em análise da degradação do posicionamento em tempo real com o emprego do GNRT, Freiburger Junior (2002) realiza um levantamento pela técnica RTK empregando 22 marcos relativos com comprimento de linha de base variando aproximadamente de 0,2 km a 30 km. Os erros planimétricos e altimétricos do levantamento RTK para linha de base até 4,5 km foram inferiores a 2,8 cm e 11 cm, respectivamente. Para linhas de base variando de 6,5 km a 11 km o erro planimétrico foi inferior a 8,3 cm e o erro altimétrico foi inferior a 19,8 cm. Os erros planimétricos e altimétricos para linhas de base variando de 11 km a 14 km foram inferiores a 14,3 cm e a 8,5 cm, respectivamente.

De acordo com Willgalis *et al.* (2002), foi realizada a instalação de uma rede de referência em Recife, Brasil. Os autores afirmam ainda que a solução de múltiplas estações em tempo real produzem maior precisão, maior confiabilidade e soluções mais rápidas, mas ainda são limitadas pelas fortes anomalias ionosféricas.

Na verificação da performance do RTK para o rastreo sobre condições ambientais desafiantes, Lee e Ge (2006) afirma que na primeira condição, um jardim

com árvores, o RTK realizou o rastreamento de muitos satélites, mesmo o local do teste estando cheio de vegetação da primavera. Prova ainda que o número de satélites rastreados não tem influência significativa na acurácia da posição e no PDOP. Na segunda condição, uma torre de energia elétrica, foi possível realizar o rastreamento estático, porém não foi possível realizar o rastreamento RTK.

De acordo com Gama (2008), o crescente desenvolvimento dos métodos e técnicas GPS, principalmente nos últimos anos, com o desenvolvimento do RTK, deram origem a questionamentos sobre esses métodos e seus níveis de precisão. Já Junior *et al.* (2007) utiliza o sistema RTK para realizar o monitoramento ambiental de detalhe de dois pontos de erosão costeira (Campo Macau e Campo Serra) através do modelamento tridimensional e bidimensional da superfície da praia. Em análise geoestatística no processamento digital de imagens multiespectrais no litoral do Rio Grande do Norte, Silva *et al.* (2007) submete a imagem utilizada a uma correção geométrica, por meio de georreferenciamento no sistema de coordenadas UTM Zona 24S, Datum SAD-1969, embasados em pontos de controle cujas coordenadas foram coletadas em campo com RTK, tendo obtido resultados satisfatórios. Silva *et al.* (2007) realiza a integração de dados RADARSAT e CIBERS aplicados à análise da evolução geoambiental no litoral setentrional do Rio Grande do Norte, utilizando para tal feito o georreferenciamento no sistema de coordenadas UTM Zona 24S, Datum SAD-1969 a partir de pontos de controle coletados em campo com RTK. Em análise da evolução dos campos de dunas do litoral setentrional do Rio Grande do Norte, com base em análise multitemporal de produtos de sensoriamento remoto, Araújo *et al.* (2007) constrói MDT utilizando RTK, obtendo dados coletados com precisão centimétrica. Santos *et al.* (2007) afirma que análises realizadas após geração e avaliação de MDT com dados de GPS em tempo real (RTK), pode-se afirmar a acurácia e a confiabilidade do RTK na modelagem do terreno. Coelho (2015) utiliza o RTK para o levantamento dos vértices de imóveis urbanos, e verifica que a técnica permite que as coordenadas dos vértices sejam determinadas em curto intervalo de tempo, existindo, porém limitações, como o multicaminho e a perda do sinal refletido do satélite ao receptor, fatores que também influenciam na acurácia, juntamente com o tempo de ocupação.

No monitoramento da posição de linha de costa, Schweitzer (2013) compara os métodos DGPS e RTK, enquanto que no levantamento de perfis transversais foram comparados os métodos RTK e o nivelamento geométrico. A comparação entre o

DGPS e o RTK indicou que o primeiro operando no modo cinemático pode ser utilizado em trabalho de registro da posição da linha de costa, desde que seja realizado o pós-processamento dos dados e que as informações altimétricas não sejam consideradas. Relata ainda que o método RTK teve boa representação dos perfis transversais quando comparado com o nivelamento geométrico, obtendo resultados que indicaram diferenças de volume de 0,1% a 6,4% nos perfis obtidos em cada método. Conclui, portanto que o RTK possui precisão suficiente para obter dados de perfis transversais à praia, incluindo dados altimétricos.

Em observações maregráficas empregando a técnica RTK OTF (*On the Fly*) em apoio a levantamentos hidrográficos para atualização de cartas náuticas, Ramos e Krueger (2006) afirmam que as precisões centimétricas obtidas com a técnica RTK permite considerar as altitudes elipsoidais da antena da embarcação como resultantes da variação da maré. Afirmam ainda que o primeiro passo para a aplicação desta metodologia é a confirmação da acurácia do RTK para efetuar o acompanhamento de marés.

Em posicionamento RTK empregando diferentes estações de referência, Freiburger Junior e Krueger (2007) comprovam que a mudança de estação de referência proporciona melhores resultados nos marcos situados em um raio de até 10 km da estação de referência.

Saatkamp (2003) utilizou a frequência modulada (FM) de emissoras de radiodifusão sonora para a disponibilização de um serviço de transmissão de correções diferenciais para DGPS mediante a utilização do seu canal secundário para a radiotransmissão de dados (conhecido por RDS - *Radio Data System*), obtendo como resultado acurácias no posicionamento variando entre $0,31 \pm 0,58$ m e $0,72 \pm 1,13$ m com receptor de cadastro, entre $0,28 \pm 1,68$ m e $1,64 \pm 3,88$ m com receptor de navegação e entre $0,31 \pm 0,49$ m e $2,25 \pm 2,72$ m com receptor geodésico.

Dentre os trabalhos que aplicam o NTRIP, cita-se Guterres (2009) que comparou o NTRIP com o RDS (*Radio Data System*), indicando que o NTRIP forneceu resultados mais precisos, com desvio padrão de 1,88 m, e um erro médio quadrático de 1,62 m.

Souza (2013) analisou o método de posicionamento PPP cinemático em tempo real via software BNC 2.6 do BKG (*Bundesamt für Kartographie und Geodäsie*), o método de posicionamento RTK (*Real Time Kinematic*) usando o NTRIP da RBMC-IP, dentre outros, com levantamentos realizados com trajetórias cinemáticas

permanecendo sobre os pontos de referência, o tempo suficiente para a localização dos mesmos, ou seja, menos de 2 minutos. Os resultados da precisão média e da acurácia dos experimentos foram, para o PPP em tempo real BKG de, respectivamente, 0,465 m e 10,458 m, e para o posicionamento RTK via NTRIP de 1,235 m e 2,855 m.

Segundo Moreira (2011), foi possível alcançar a resolução das ambiguidades até a linha de base de 54,03 km, apresentando uma acurácia de 0,041 m na componente horizontal e 0,083 m na vertical. O menor erro médio e desvio padrão para a componente horizontal foi obtido para 120 épocas.

Segundo experimentos realizados por Costa *et al.* (2008), para linhas de base de cerca de 30 km, a acurácia horizontal e vertical foram iguais a 0,06 m com desvio-padrão igual a 0,02 m e 0,03 m, respectivamente. Nesse caso, houve a solução dos inteiros das ambiguidades (correções diferenciais fase). Quando a solução resultou das correções diferenciais código C/A, tem-se a acurácia horizontal e vertical igual a 0,84 m e 0,37 m, respectivamente, com desvio-padrão de 0,95 m e 1,41 m, nessa ordem.

Pirti (2007) investigou a precisão alcançável do RTK e a repetitividade dos resultados sob diferentes configurações de constelações de satélites, assim como em alterações nos locais dos projetos. Os resultados da pesquisa mostraram que o RTK foi mais estável para as componentes horizontais do que para a vertical, e que a latência dos dados gerou erros de poucos milímetros. Os testes para a avaliação do desempenho do RTK foi realizado próximo a florestas e ambientes urbanos, e constataram problemas referentes ao bloqueio de sinal e à latência dos dados.

Pirti (2011) investigou a possibilidade do método de posicionamento GPS RTK ser seriamente degradado por obstruções como árvores e pelo comprimento da linha de base. Em seus resultados, há a indicação de que o GPS RTK obteve de 1 cm a 2 cm de precisão horizontal com nível de confiança de 95%, com a realização de procedimentos de campo adequados e condições ideais de utilização.

Horemuz e Andersson (2011) constatam que, recentemente, os receptores GPS podem ser instalados sobre estações totais ou prismas para a realização de medições, e que a escolha geralmente feita para o posicionamento GPS a ser utilizado neste tipo de solução é a do método RTK.

Em análise da acurácia horizontal do posicionamento GPS Diferencial empregado em levantamentos hidrográficos a partir de sistemas DGPS, RTK e RTG,

Ramos *et al.* (2007) afirma que os resultados obtidos na pesquisa indicam a adequabilidade dos sistemas RTK e RTG às especificações para o posicionamento horizontal recomendadas pela IHO (*International Hydrographic Organization*) para Levantamentos Hidrográficos de Ordem Especial. Contudo, os sistemas DGPS dependem do estudo dos erros correlacionados com a distância, sendo recomendados para levantamentos de primeira ordem.

Em uma análise da qualidade do posicionamento de uma embarcação em um levantamento hidrográfico, Leandro *et al.* (2008) realiza tal posicionamento sobre linhas de sondagem por meio de um posicionamento diferencial em tempo real empregando correções da fase portadora (RTK), do posicionamento relativo cinemático pós-processado e do posicionamento GPS Global corrigido (RTG). Em sua conclusão verificou que o método RTG se mostrou perfeitamente viável em levantamentos hidrográficos de ordem especial ou inferiores. Os autores ressaltam ainda que o método RTK apresentou métodos acurados quando comparado ao método de posicionamento Relativo Cinemático.

1.1 PROBLEMA

Qual a precisão e a acurácia obtidas nos posicionamentos em tempo real em rede (RTG) e nos posicionamentos em tempo real usando apenas uma estação de referência (RTK e RTK via NTRIP) em relação a um posicionamento admitido como padrão (MPRE - Método de Posicionamento Relativo Estático e MPRC - Método de Posicionamento Relativo Cinemático)?

1.2 HIPÓTESE

Se as limitações dos vários métodos de posicionamento GNSS em tempo real, como o RTK (o alcance das ondas de rádio, o relevo, efeitos atmosféricos, linha de base), o RTG (comunicação com satélite geoestacionário, emprego de modelos

globais) e o NTRIP (comunicação via internet, linha de base) não forem impeditivas aos requisitos mínimos de desempenho para a obtenção de coordenadas geodésicas nos posicionamentos, então o método de posicionamento em tempo real em rede (RTG), por apresentar uma cobertura global de suas correções diferenciais, pode conduzir a resultados mais precisos do que os métodos que empregam apenas uma estação de referência (RTK e RTK via NTRIP), logo, investigações quanto à precisão e à acurácia dos posicionamentos diferenciais realizados simultaneamente são relevantes e proporcionarão subsídios na tomada de decisões por parte da comunidade externa.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os métodos de posicionamento em tempo real tiveram um importante e grande desenvolvimento nas últimas décadas, podendo alcançar acurácia centimétrica, sem a necessidade de um processamento posterior dos dados. Com o surgimento destes métodos, surge a necessidade de se testar essas novas tecnologias e de se conhecer suas reais e verdadeiras potencialidades.

Este trabalho justifica-se pela inexistência de pesquisas que abordem o tema proposto, ou seja, comparar a precisão e a acurácia dos posicionamentos em tempo real em rede (RTG) e dos posicionamentos em tempo real usando apenas uma estação de referência (RTK e RTK via NTRIP) em relação a um posicionamento admitido como padrão durante a execução de levantamentos simultâneos.

Além disso, o posicionamento por estes métodos vem sendo aos poucos incorporado nas atividades que envolvem levantamentos geodésicos, topográficos, cadastrais e hidrográficos, mineração, monitoramento de veículos, controle preciso de maquinário, construção civil, obras viárias, projetos de infra-estrutura, veículos autônomos, entre outras aplicações, o que corrobora com a necessidade de se verificar a acurácia desses métodos de posicionamento em tempo real.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste presente estudo é comparar a precisão e a acurácia dos posicionamentos em tempo real (RTG, RTK e RTK via NTRIP) realizados simultaneamente em relação a um posicionamento admitido como padrão, contribuindo para a tomada de decisões por parte dos executores de levantamentos geodésicos, topográficos, cadastrais e hidrográficos, mineração, monitoramento de veículos, controle preciso de maquinário, construção civil, obras viárias, projetos de infra-estrutura, entre outras aplicações.

1.4.2 Objetivos específicos

1 - Definir coordenadas geodésicas precisas para as diferentes feições (pontos estáticos, desníveis, linhas, áreas e perfis de um MDT) empregando o método de posicionamento relativo e um programa de pós-processamento de dados GNSS, apresentando e analisando todos os parâmetros gerados durante esta etapa. Estas coordenadas geodésicas serão admitidas como padrão para as demais análises a serem realizadas;

2 - Avaliar cada uma das soluções obtidas com os métodos diferenciais em tempo real RTK, RTK via NTRIP e RTG no que tange as precisões e as acurácias alcançadas para as diferentes feições posicionadas (pontos, desníveis, linhas, áreas e perfis de um MDT);

3 - Avaliar os erros e as acurácias dos diferentes métodos diferenciais em tempo real RTK, RTK via NTRIP e RTG mediante comparação com as coordenadas admitidas como padrão para cada uma das feições escolhidas para esta pesquisa;

4 - Avaliar o emprego de filtros (box-plot e de máscara) nos dados gerados por cada um dos métodos de posicionamento empregados em tempo real, bem como, o ganho quanto ao emprego dos mesmos;

5 - Avaliar o erro, a precisão e a acurácia para diferentes entornos nos posicionamentos de 10 marcos;

6 - Sugerir aos diferentes usuários dos sistemas de posicionamento por satélites em tempo real qual o melhor método (o método mais adequado) a ser empregado para os diferentes tipos de levantamentos.

2 REVISÃO TEÓRICA

Nesta seção apresenta-se uma revisão teórica no que concerne ao posicionamento por satélites e à análise estatística das observações.

2.1 O GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM - GNSS

Segundo Monico (2008), posicionar um objeto, nada mais é que lhe atribuir coordenadas. Um Sistema Global de Navegação por Satélite é formado por uma constelação de satélites com cobertura global, o qual envia sinais eletromagnéticos para os usuários localizados em solo, aeronaves, transportes marítimos, entre outros, contendo informações de distância e tempo.

O termo GNSS (*Global Navigation Satellite System*) foi adotado na 10ª Conferência Internacional de Navegação Aérea, em 1991, Estes sistemas devem ter como principais características: a integridade, a disponibilidade e fornecer um serviço contínuo aos usuários. Classificados como SBAS (*Satellite-Based Augmentation System*) e do GBAS (*Ground-Based Augmentation System*), ambos de abrangência regional (HOFMANN-WELLENHOF et al. 2001).

Atualmente o termo GNSS tem sido empregado quando se usa diferentes tipos de posicionamento por satélites, como o GPS (Norte-americano) e o GLONASS (*GLObal NAVigation Satellite System* - Russo), além do GALILEO (European Satellite Navigation System - Europeu) e do BEIDOU/COMPASS (Chinês) (KRUEGER, 2011).

2.1.1 Sistema de Posicionamento Global – NAVSTAR-GPS

O Sistema de Posicionamento Global NAVSTAR-GPS (*Navigation System with Time and Ranging Global Positioning System*) é um sistema de rádio navegação, formado por uma constelação de satélites, desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (*Departamento of Defense – DoD*), onde inicialmente se

restringia a aplicações militares, com serviços limitados aos usuários civis (SEEBER, 2003).

A partir de 1983 foi dado início a aplicação deste sistema para soluções geodésicas e em 1994 o sistema estava operacionalmente completo com 21 satélites distribuídos em seis planos orbitais (com cada órbita contendo 4 satélites), com altura orbital média de 20200 km, inclinados de 55° em relação ao plano do equador com período orbital de 12 horas siderais, de modo que pelo menos quatro satélites sejam visíveis ao mesmo tempo acima do horizonte, em qualquer lugar da superfície da Terra, e em qualquer momento (SEEBER, 1993). Sendo assim, estes podem ser rastreados simultaneamente, o que proporciona ao usuário o posicionamento em tempo real (MONICO, 2000).

No GPS há dois tipos de serviço: SPS (*Standard Positioning Service*) e PPS (*Precise Positioning Service*). Possuem nível de confiança de 95%. O primeiro é um serviço de posicionamento, que está disponível para todos. Já o PPS possui melhores resultados, porém é de uso militar ou para usuários autorizados (SEEBER, 1993).

Na literatura, o GPS consiste de três segmentos principais: controle, espacial e usuários. O segmento de controle é formado por cinco estações monitoras, pertencentes à AAF (*American Air Force*) que junto com as sete do NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), compõem as estações monitoras GPS do DoD (*Department of Defense*) (MONICO, 2000). Para Seeber (2003) o segmento de controle distribuído em torno da Terra, próximas do Equador, tem como principais tarefas o monitoramento e controle contínuo dos satélites, a determinação do tempo GPS, calcular suas posições, transmitir os dados e executar a supervisão necessária para o controle de todos os satélites do sistema, prever as efemérides dos satélites calculando as correções dos respectivos relógios e atualizar sistematicamente as mensagens de navegação de cada satélite.

A TABELA 1 apresenta algumas características dos sinais GPS gerados a partir dos osciladores existentes nos satélites, como a frequência e o comprimento de onda dos mesmos.

TABELA 1 - Características dos sinais GPS.

Características dos sinais GPS		
Sinal	Frequência (MHz)	Comprimento de onda (cm)
Portadora L1	1575,42	19,03
Portadora L2	1227,60	24,42
Portadora L5	1176,45	25,48
Wide Lane (L1- L2)	347,83	86,19
Narrow Lane (L1+L2)	2803,02	10,70
L1 - L5	389,70	75,14
L2 - L5	51,15	586,10

FONTE: KRUEGER (2011).

O segmento espacial é baseado numa constelação básica de 24 satélites artificiais (21 regulares e 3 reservas), situados a uma altitude média de 20.200 km, distribuídos em 06 planos orbitais (FIGURA 1), inclinados a 55° em relação ao equador, com período orbital de aproximadamente 12 horas siderais, e enviam sinais cujas características encontram-se na TABELA 1 (KRUEGER, 2011).

O segmento de usuário compreende todas as classes de receptores GPS e seus componentes, que em geral são classificados em receptores geodésicos e de navegação (HOFFMANN-WELLENHOF, 2001).

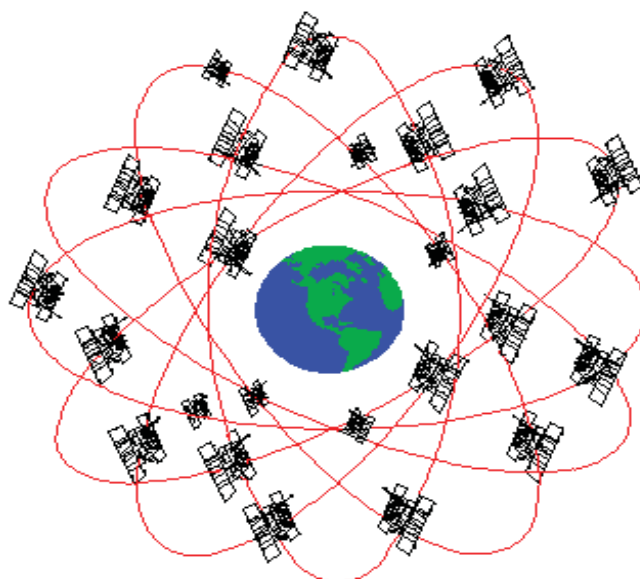


FIGURA 1 – Esboço da constelação dos satélites NAVSTAR-GPS.

FONTE: Adaptado de <http://goo.gl/jZhQkU>.

Na TABELA 2 pode-se observar algumas das diferenças existentes entre as características do código C/A e do código P.

TABELA 2 – Características do Código C/A e do Código P.

Código	Frequência (MHz)	Comprimento de onda (m)	Precisão (m)
C/A	1,023	293,100	2,931
P	10,23	29,310	0,293

FONTE: KRUEGER (2011).

Esses satélites possuem várias funcionalidades como: manter uma escala de tempo precisa; emitir pelo menos dois sinais em frequência, modulados em fase através dos códigos denominados pseudo-aleatórios; receber e armazenar as informações oriundas do segmento de controle; efetuar manobras orbitais para garantir a sua posição nominal definida na constelação ou para substituir outro satélite defeituoso e retransmitir informações à superfície terrestre. (SEEBER, 2003).

O princípio básico do posicionamento por satélite é baseado na geometria tridimensional, onde as coordenadas cartesianas de um ponto poderão ser obtidas de acordo com os fundamentos da álgebra vetorial. Para determinação de coordenadas com o GPS é realizado a medição das pseudodistâncias, ou seja, da distância formada entre satélite e receptor do usuário que pode ser afetada por erros sistemáticos. A equação fundamental de observação para uma pseudodistância para uma época (t) se define como (SEEBER, 1993) (equação 2.1):

$$PD_{CD} = c(t_r - T_t) = D(t) + cdt_u(t) + cdt_{Tro}(t) + cdt_{Ion}(t) + cdt_s(t) + \varepsilon \quad (2.1)$$

onde:

- c – velocidade de propagação da luz no vácuo (c=299.792,458 km/s – WGS84);
- t_r – época no receptor referente ao sinal recebido;
- T_t – época no satélite referente ao sinal transmitido;
- D(t) – distância geométrica entre a antena do satélite e a antena do receptor na época t;
- cdt_u – erro de sincronismo entre o relógio do receptor e o tempo GPS;

- cdt_a – atraso na propagação do sinal GPS devido à troposfera;
- cdt_a – atraso na propagação do sinal GPS devido à ionosfera;
- cdt_s – erro de sincronismo entre o relógio do satélite e o tempo GPS; e
- ε – demais erros sistemáticos (Ruído do receptor, efeito de multicaminho, centro de fase das antenas, etc.).

Para se obter coordenadas tridimensionais são necessárias três destas observações, mais uma quarta é adicionada para resolver o erro de não-sincronismo entre o relógio do receptor e o tempo GPS (SEEBER, 1993). As coordenadas da antena do receptor podem ser obtidas pela observação de 04 satélites (SV1, SV2, SV3 e SV4) simultaneamente (FIGURA 2).

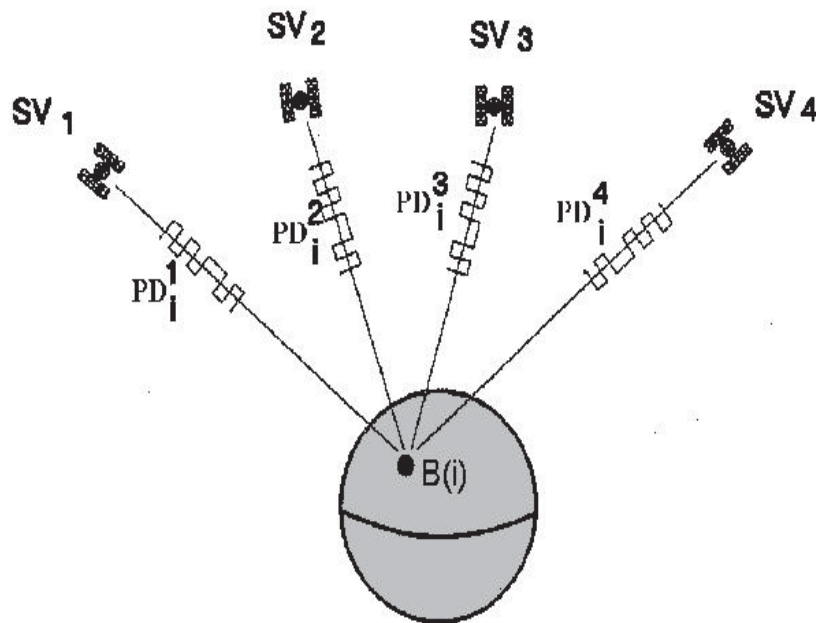


FIGURA 2 – Pseudodistâncias formadas entre os satélites observados.

FONTE: Adaptado de SEEBER (1993).

Segundo Seeber (1993), a equação de observação básica da pseudodistância por meio da medida da fase da portadora (FIGURA 3) para uma época de observação genérica (t) é dada por (equação 2.2):

$$PD_{\Phi} = D(t) + cdt_u(t) + cdt_{Tro}(t) - cdt_{Ion}(t) + cdt_s(t) + c\left(\frac{N}{f_{\Phi}}\right)(t) + \varepsilon \quad (2.2)$$

onde:

f_ϕ – frequência da onda portadora; e

N – ambiguidade.

Os receptores medem a parte fracional da portadora e efetuam a contagem do número de ciclos que entram no receptor a partir daí, o que resulta em uma medida contínua. A variável N da equação representa o número de ciclos inteiro, do instante da primeira observação entre as antenas do satélite e o receptor (MONICO, 2008).

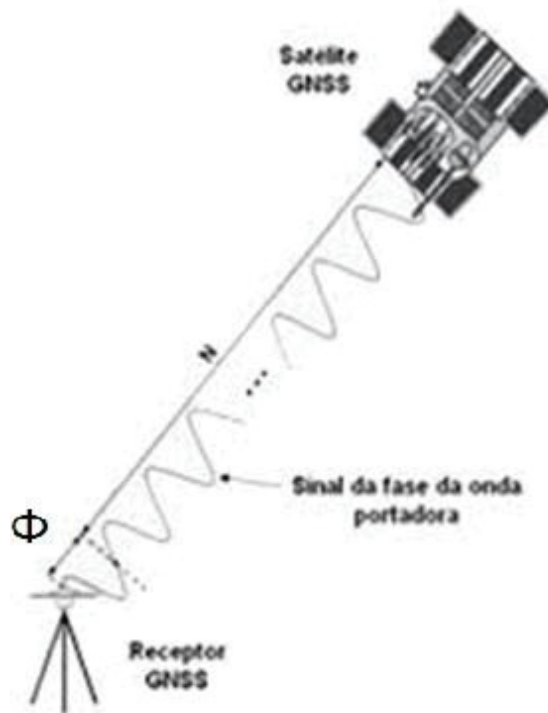


FIGURA 3 – Ambiguidade da fase da onda portadora.

FONTE: MONICO (2008).

2.1.2 Outros sistemas globais de posicionamento por satélites

O GLONASS foi desenvolvido na década de 70 pela antiga União Soviética. Possui um sistema bastante similar ao do GPS (TABELA 01), porém a frequência fundamental dos sinais é de quase a metade do GPS (GLONASS 5,11 MHz; GPS

10,23 MHz), com isso a acurácia é inferior, porém os sinais GLONASS nunca foram degradados de modo intencional (MONICO, 2008).

Atualmente, o GLONASS possui uma constelação de 24 satélites. O último satélite colocado em órbita foi em abril de 2014, e o último lançado foi em junho de 2014, este está na fase de comissionamento (CENTRO DE INFORMAÇÃO ANALÍTICA, 2015).

O usuário hoje dispõe de 62 satélites, somando os dois sistemas de posicionamento (GPS e GLONASS), mas são 55 satélites que estão sendo utilizados em órbita, sendo 24 do GLONASS e 31 do GPS (CENTRO DE INFORMAÇÃO ANALÍTICA, 2015).

O GALILEO foi desenvolvido pela União Européia em 1998 e lançado como um satélite experimental em 2005. Será formado por uma constelação de 30 satélites. O sistema global de navegação por satélite chinês BEIDOU/COMPASS (conhecido também como Ursa Maior) foi um sistema iniciado com o lançamento de três satélites a partir do ano 2000. O sistema global deverá ser concluído até o ano de 2020 e controlará 35 satélites (KRUEGER, 2011).

Na TABELA 3 pode-se visualizar as principais características dos sistemas globais de posicionamento por satélites GPS, GLONASS e GALILEO.

TABELA 3 – Características principais dos sistemas GPS, GLONASS e GALILEO.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS – GPS, GLONASS e GALILEO			
	NAVSTAR-GPS	GLONASS	GALILEO
Início de desenvolvimento	1973	1972	2001
Altitude orbital média	20.200 km	19.100 km	23.222 km
Período orbital (tempo sideral aproximado)	~12 h siderais	11 h e 15 min siderais	14 h siderais
Planos orbitais	6	3	3
Inclinação da órbita	55°	64,8°	56°
Frequências	L1, L2, L5	L1, L2 (L5)	E _{5a} , E _{5b} , E ₆ , E ₂ -L1, E ₁
Constelação completa dos satélites	21+3 reservas	21+3 reservas	27+3 reservas

FONTE: Adaptado de SEEGER (2003).

2.2 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GNSS

Dentre os métodos de posicionamento GNSS pode-se considerar o posicionamento absoluto (posicionamento por ponto - PP), relativo (pós-processados) e Diferencial (em tempo real) (SEEGER, 1993).

No caso do posicionamento por ponto (PP), conhecido na literatura também por posicionamento absoluto, e posicionamento por ponto preciso (PPP), utiliza-se de apenas um receptor para realizar o posicionamento do ponto, cujas coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro. Esses métodos se diferenciam pelas observáveis empregadas e a precisão alcançada. No PP, a precisão acerca-se em torno de metros, e as coordenadas são referidas ao WGS84. O PPP pode alcançar precisão centimétrica, e necessita de um pós-processamento dos dados (ZHANG *et al.*, 2011 e MARQUES, 2012).

Também podem ser classificados os métodos de posicionamento, com relação ao que se refere ao estado do objeto, por exemplo, se o objeto a ser posicionado encontra-se em repouso, diz-se que o método é estático, caso contrário, é o método cinemático que se caracteriza pelo fato do receptor incumbido da coleta dos dados estar em pleno movimento, determinando assim as coordenadas de uma trajetória (SEEBER, 2003).

Já com relação ao posicionamento geodésico cabe ressaltar a diferença do posicionamento em tempo real e do pós-processado. No primeiro, a estimativa da posição da estação de interesse ocorre praticamente no mesmo instante em que as observações são coletadas. No pós-processado, as posições dos pontos em que dados foram coletados são estimadas num processamento posterior à coleta (HOFMANN-WELLENHOF *et. al*, 2001).

Na sequência são apresentados os métodos de posicionamento relativo e em tempo real (*Diferencial GPS*), os quais são foco deste trabalho.

2.2.1 Método relativo

Com o método relativo é possível obter precisões centimétricas ou melhores, com o pós-processamento dos dados. O método relativo consiste na determinação de posição pela observação simultânea dos sinais enviados dos satélites entre uma estação base ou de referência com coordenadas conhecidas e uma estação móvel ou itinerante (ou *rover*), com o objetivo de calcular o vetor formado entre as duas estações, denominado de linha de base (FIGURA 4) (HOFMANN-WELLENHOF, 2001).

Este método possui uma vantagem em relação ao posicionamento por ponto, pois é possível minimizar ou reduzir os erros (erro dos relógios de satélite, erro das efemérides, erro de propagação do sinal na atmosfera) através das técnicas de diferenças entre equações, aplicando tanto o código, como a simples, a dupla ou a tripla diferença de fase (SEEBER, 2003).

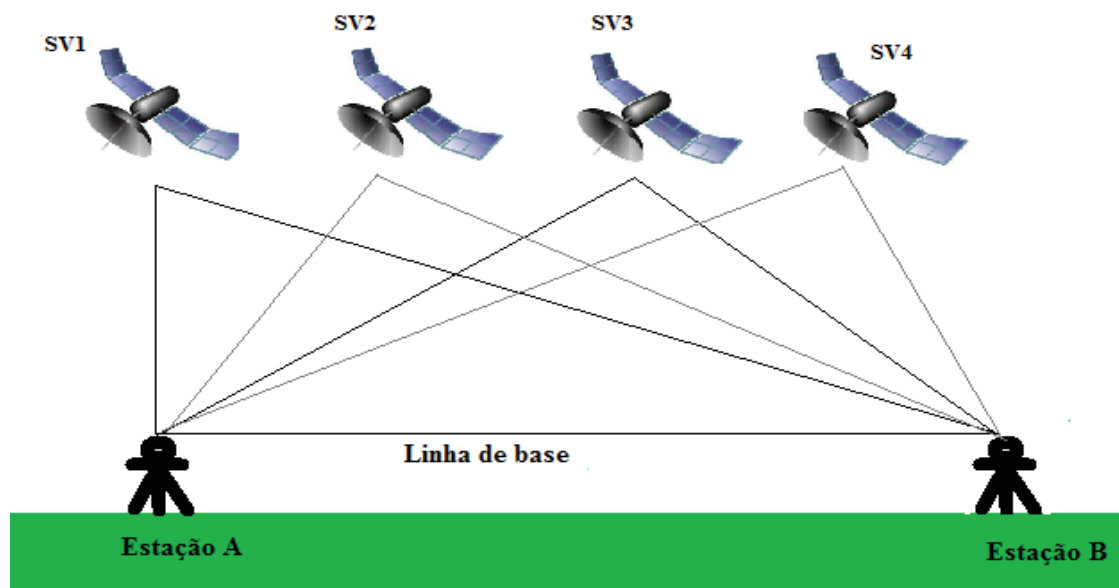


FIGURA 4 – Método relativo.

FONTE: Adaptado de SEEBER (1993).

A precisão alcançada com os métodos de posicionamento GNSS pode ser vista conforme apresentado na TABELA 4.

TABELA 4 – Precisão alcançada com os Métodos de Posicionamento GNSS.

TÉCNICAS	PERÍODO DE OCUPAÇÃO	PRECISÃO
ESTÁTICO		
Linha de Base < 10 km	Mínimo 1 hora ($\geq 4\text{SVS}$)	1,5...5 mm + (0,01...1 ppm)
Linha de Base 20...40 km (com fase das Portadoras L_1 e L_2)	6...24 h ($\geq 4\text{SVS}$)	1,5...5 mm + (0,01...1 ppm)
ESTÁTICO RÁPIDO		
Linha de Base < 5 km	5 ...8 min ($\geq 5\text{SVS}$, $\text{GDOP} \leq 6$)	5...20 mm + 1 ppm
Linha de Base <15 km (com fase das Portadoras L_1 e L_2)	5 ...20 min ($\geq 5\text{SVS}$, $\text{GDOP} \leq 6$)	5...20 mm + 1 ppm)
PSEUDOCINEMÁTICO	1 a 5 min	Poucos centímetros
CINEMÁTICO CONTÍNUO		10 cm a 1 m
STOP AND GO	aproximadamente 1 min	Poucos centímetros

FONTE: Adaptado de KAHMEN (1997).

2.2.2 Método diferencial

O método diferencial (FIGURA 5) é baseado no posicionamento de uma estação móvel através das correções diferenciais das pseudodistâncias geradas na estação de referência. Tais correções são enviadas em tempo real num formato apropriado chamado RTCM, por meio de algum sistema de comunicação, como: satélite, linha telefônica, telefonia celular, rádio etc. Para realizar um levantamento com o método diferencial são necessários dois receptores, onde um é instalado num ponto conhecido (estação referência) e outro num ponto a ser determinado (estação móvel). Na estação de referência são geradas as correções das posições ou das pseudodistâncias (KRUEGER, 1996).

As correções das posições são geradas a partir do valor de diferença da posição calculada na estação de referência em relação as suas coordenadas já conhecidas e a partir daí aplicadas nas coordenadas da estação móvel para efetivar a correção desta posição (HOFMANN-WELLENHOF *et al.*, 2001). Já as correções de pseudodistâncias são feitas a partir das diferenças entre as pseudodistâncias medidas e as calculadas para cada um dos satélites rastreados na estação de referência (BAUER, 1997). Esta segunda possibilidade é a mais viável, visto que, não há prejuízos no posicionamento quando se tem na estação móvel uma subconstelação da estação de referência (KRUEGER, 1996).

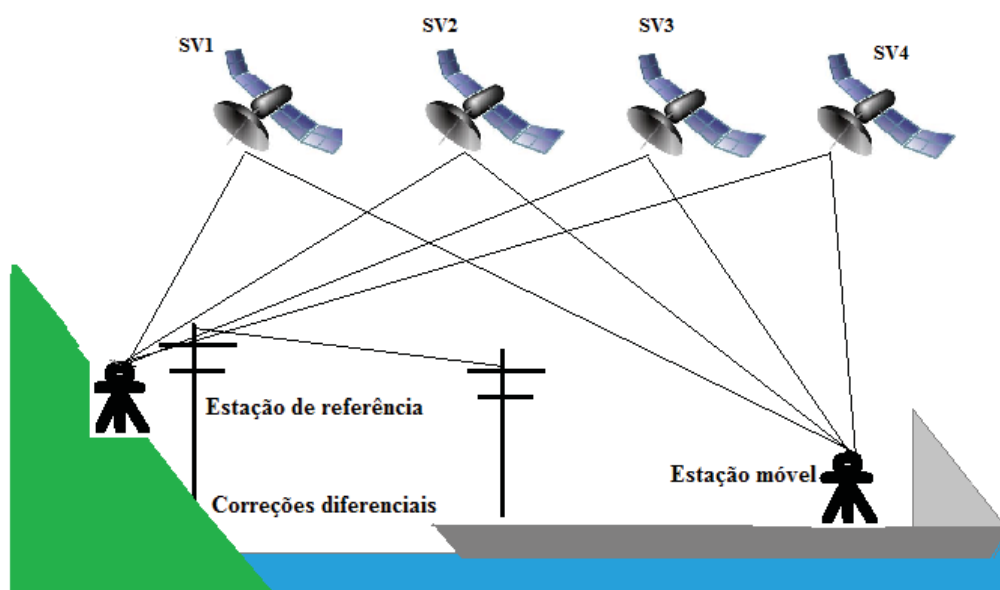


FIGURA 5 – Método Diferencial.

FONTE: Adaptado de SEEBER (2003).

Podem-se empregar neste posicionamento diferentes tipos de observações: código, código suavizado pela fase da onda portadora e fase da onda portadora. Geralmente os posicionamentos com códigos são de baixa acurácia, já com fase são mais complexos e de alta acurácia (KRUEGER, 1996).

O princípio diferencial possibilita a obtenção das coordenadas geodésicas da estação móvel em tempo real, contudo é importante observar alguns fatores importantes que afetam na obtenção da precisão, tais como: cálculo das correções, taxa de atualização dos dados e a transferência dos dados (KRUEGER, 1996).

A aplicação do método diferencial possibilita diminuir a influência dos erros do relógio do satélite, das efemérides e da propagação do sinal na atmosfera. Se tais erros forem os mesmos em ambas as estações (referência e móvel) então eles serão minimizados pelas correções diferenciais. Contudo a precisão neste método pode ser influenciada por alguns fatores: distância entre a estação de referência e a móvel e a qualidade do sistema de comunicação (KRUEGER, 1996).

As estações de referência foram criadas para minimizar as perdas de qualidade do posicionamento diferencial em função da distância sob duas abordagens distintas: no domínio das medidas e a representação espaço de estado (HOFMANN-WELLENHOF, 2001). A primeira baseia-se na transmissão e aplicação de correções diferenciais escalares (PRCs e RRCs) na estação móvel, a partir de uma estação

referência mais próxima, ou de uma média das correções de um conjunto de estações, empregando o conceito de estação de referência virtual (VRS - *Virtual Reference Station*) e correções FKP (*Flachen Corretour Parameter*), ou o conceito *Master-Auxiliary* (MAC - *Master Auxiliary Concept*). Já a abordagem espaço de estado compreende uma rede global de estações de referência, empregando receptores de dupla frequência utilizados para gerar soluções livres dos efeitos ionosféricos para cálculo de correções das órbitas dos satélites e erros dos relógios.

Dentro do método diferencial podem-se considerar algumas técnicas de posicionamento: o DGPS, o WADGPS (*Wide Area DGPS*), o RTK (*Real Time Kinematic*) e PDGPS (*Precise DGPS*). As diferenças básicas entre essas técnicas referem-se ao tipo de observável empregada e ao número de estações de referência. A TABELA 5 mostra as principais características das técnicas dos diferentes Métodos de Posicionamento Diferencial GPS e ainda apresenta as precisões horizontais de cada uma.

TABELA 5 – Comparação entre Métodos de Posicionamento Diferencial.

PARÂMETROS	WADGPS	PDGPS	RTK	DGPS
Observável	Código ou código suavizado pela portadora	Fase da portadora	Fase da portadora	Código ou código suavizado pela portadora
Estações de referência	Rede	Rede	01	01
Área de cobertura	Continental	Regional	Local	Local
Resolução das ambiguidades	Não	Sim	Sim	Não
Dados transmitidos	Correções diferenciais	Dados brutos ou correções diferenciais	Dados brutos ou correções diferenciais	Correções diferenciais
Transmissão dos dados	Satélite	Rádio, telefonia celular	Rádio	Rádio
Precisão planimétrica	m	cm - dm	cm - dm	dm - m

FONTE: Adaptado de GEO et al.(1997) e HOFMANN-WELLENHOF *et al.*(1994).

O WADGPS (*Wide Area DGPS*) é um tipo de DGPS, o qual utiliza um sistema de rede de estações de referência destinadas a cobrir regiões maiores e com maior

precisão se comparadas com as estações de referencia DGPS individuais, que tem um decréscimo da precisão em função do aumento da linha de base a uma taxa de 10 ppm (HOFMANN-WELLENHOF *et al.*, 2001). As correções diferenciais são enviadas por meio de satélites geoestacionários. Neste a resolução das ambiguidades não é efetivada, permanecendo estas flutuantes, provendo precisões na ordem do metro.

Nos Estados Unidos existe o serviço denominado WAAS (*Wide Area Augmentation System*), que é composto por uma rede de 25 estações de referência que enviam os seus dados GPS para uma estação master, onde as correções diferenciais são geradas e transmitidas aos seus usuários através de dois satélites geoestacionários, com uma acurácia aproximada de 7 m (horizontal e vertical) (SOARES, 2005).

O serviço similar ao WAAS na Europa se chama EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay System*), e opera com uma acurácia aproximada entre 1 m e 2 m (SOARES, 2005).

O RTK (linha de base) e PDGPS (rede) seguem o mesmo princípio do DGPS, porém recorrem ao uso da medida da fase de onda portadora em vez do código C/A, proporcionando a solução das ambiguidades para a determinação das pseudodistâncias (WÜBBENA e BAGGE, 1995) .

Na FIGURA 6 pode-se observar as precisões alcançadas (*accuracy*) em função do comprimento das linhas de base (*baseline length*) para diferentes métodos de posicionamento GNSS.

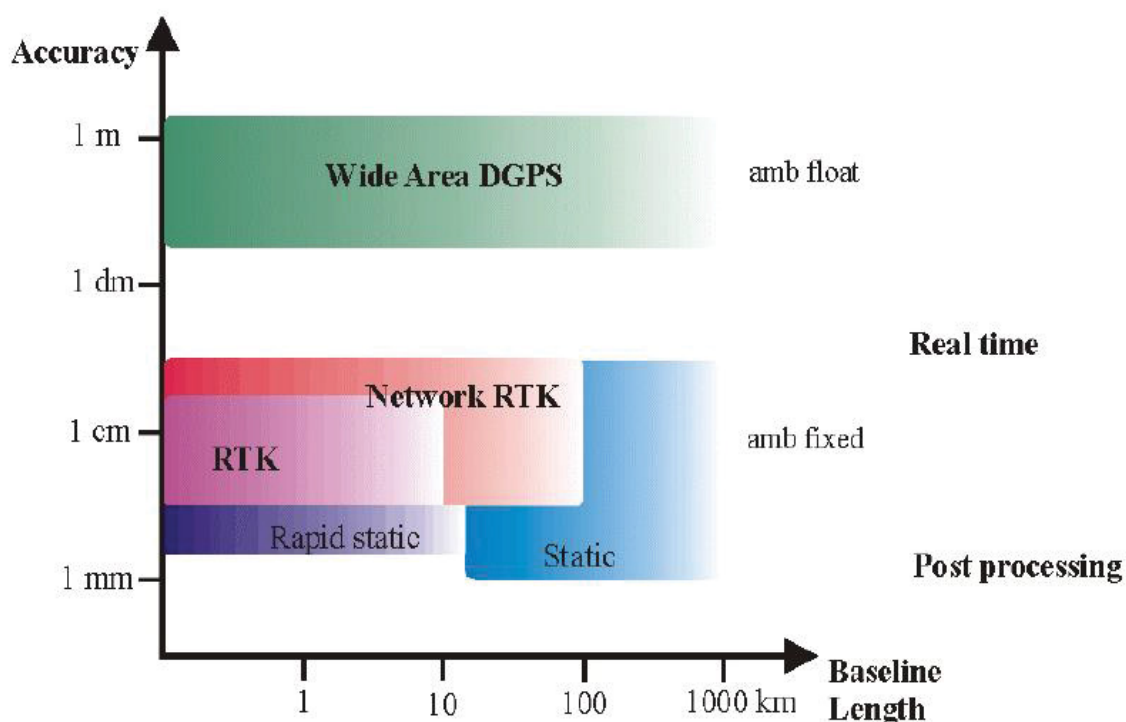


FIGURA 6 – Precisão alcançada em função das linhas de base para diferentes Métodos de Posicionamento GNSS.

FONTE: WILLGALIS *et al.* (2002).

Atualmente os usuários que fazem uso da técnica RTK (cinemático em tempo real) ou DGPS (*Diferencial GPS*) nos seus levantamentos no Brasil têm acesso aos serviços públicos para o posicionamento em tempo real a partir de algumas estações da RBMC (RBMC-IP) e do ERDGPS (IBGE, 2016).

A partir das estações da RBMC os dados são disponibilizados via protocolo Internet conhecido por *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol* (NTRIP), em formato RTCM. O NTRIP foi projetado para disseminar as correções de dados diferenciais ou outros tipos de dados GNSS para os usuários, móveis ou estacionários, pela Internet, permitindo conexões simultâneas de computadores, laptops e PDAs que possuem acesso à Internet sem fio, como por exemplo, GPRS (*General Packet Radio Services*), GSM (*Global System for Mobile Communications*) ou 3G (COSTA *et al.*, [201-?]).

Desde 1993, a Marinha do Brasil possui uma rede chamada de Estações de Referência DGPS (ERDGPS). É composta de 11 rádiofaróis que empregam as faixas de frequência LF (*Low Frequency* – 30 kHz a 300 kHz) e MF (*Medium Frequency* – 300 kHz a 3.000 kHz) para as transmissões das correções diferenciais, e devido à

estreita largura destas referidas bandas, a capacidade de transporte fica restrita a um reduzido volume de dados (TABELA 6). O principal objetivo da utilização desta técnica no Brasil é de melhorar a acurácia da navegação marítima em portos e canais de acesso, porém outras atividades como levantamentos hidrográficos têm a utilizado para a realização de posicionamento horizontal (MOREIRA, 2011).

TABELA 6 – Estações de referência DGPS da Marinha do Brasil.

Estações de Referência DGPS da Marinha do Brasil (Coordenadas WGS84)			
ERDGPS	Latitude	Longitude	Altura elipsoidal
CANIVETE-AP	00° 30' 31,5983" N	050° 24' 50,1389" W	–16,1140 m
SÃO MARCOS-MA	02° 29' 20,3775" S	044° 18' 05,6395" W	–5,5202 m
CALCANHAR-RN	05° 09' 36,8015" S	035° 29' 15,1766" W	9,9460 m
ARACAJU-SE	10° 58' 10,6814" S	037° 02' 11,1213" W	– 0,7345 m
ABROLHOS-BA	17° 57' 53,0255" S	038° 41' 38,2101" W	31,9578 m
SÃO TOMÉ-RJ	22° 02' 30,6775" S	041° 03' 09,3953" W	4,2789 m
RASA-RJ	23° 03' 48,4216" S	043° 08' 45,2318" W	69,2291 m
MOELA-SP	24° 02' 51,5685" S	046° 15' 48,2144" W	39,0100 m
PARANAGUÁ-PR	25° 29' 41,3342" S	048° 19' 35,1948" W	3,8774 m
SANTA MARTA-SC	28° 36' 16,0674" S	048° 48' 50,2796" W	52,7515 m
RIO GRANDE-RS	32° 08' 55,9437" S	052° 06' 11,8646" W	13,4050 m

FONTE: MARINHA DO BRASIL (2015).

As correções DGPS destas estações alcançam a distância referente ao raio de 200 milhas náuticas a partir do radiofarol onde estão instaladas. As mensagens RTCM contendo as correções diferenciais são transmitidas através de taxas de transmissão de 100 bps, o que impede o emprego da técnica RTK, já que a mesma necessita de larguras de banda maiores e taxas de transmissão acima de 4.800 bps. As principais mensagens RTCM transmitidas são: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, e 16 (MARINHA DO BRASIL, 2015).

As faixas de frequência utilizadas pelos radiofaróis permitem maiores alcances. Porém, nem sempre grandes alcances constituem vantagem à realização dos levantamentos diferenciais, já que a qualidade das posições DGPS está relacionada ao grau de correlação espacial entre a estação de referência e a estação rover. O afastamento entre as estações faz com que diminua a compensação dos

erros troposféricos e ionosféricos na estação *rover*. Outro fator importante que deve ser levado em consideração na realização de tais levantamentos é a latência das correções diferenciais, pois a mesma influencia diretamente na qualidade do levantamento DGPS (MOREIRA, 2011).

O posicionamento DGPS executado com a utilização de tais Estações de Referência, de acordo com a DHN, apresenta acurácia melhor que 3 m, somado de um erro igual a 2 ppm da distância de separação entre as estações (BRIONES, 1999).

Na sequência, serão apresentadas as técnicas RTK, RTK via NTRIP e RTG que serão empregadas nesta pesquisa.

2.2.2.1 RTK

No posicionamento diferencial, um método bastante empregado é o RTK, devido à alta produtividade e à acurácia centimétrica proporcionada. Esta técnica foi desenvolvida no início da década de 90 com o objetivo de melhorar o processo de coletas de dados, ou seja, como uma alternativa para melhorar a precisão do método diferencial baseado em observações do código ou do código suavizado pela onda portadora (DGPS). Contudo, o comprimento das linhas base deve ser curto, inferior a 10 km, dependendo principalmente das condições ionosféricas. Assim, à medida que a distância entre essas estações (linha de base) aumentam os erros que anteriormente eram semelhantes, passam a ser cada vez mais não correlacionados, o que acarreta em uma degradação progressiva da precisão (PRADO, 2001).

A técnica RTK poderá usar correções diferenciais da fase, da onda portadora ou observações brutas, geradas e transmitidas por uma estação de referência. As correções diferenciais de fase (*SR CPC*), geradas a partir de observações de pseudodistância e fase da portadora em uma estação de referência (*R*), com coordenadas conhecidas, são dadas pela expressão (SEEBER, 2003):

$$CPC_R^S = \Phi_R^S - \text{Frac} \left(\frac{\rho_R^S}{\lambda \cdot N_R} \right) \quad (2.3)$$

onde:

Φ_R^S - fase observada na estação de referência, em unidades de comprimento;

ρ_R^S - distância geométrica entre a estação de referência (R) e o satélite (S);

λ - comprimento de onda da portadora; e

N_R - ambiguidade inteira resolvida na estação de referência, sendo:

$$N_R = \text{Int} \left(\frac{\rho_R^S}{\lambda} \right) \quad (2.4)$$

Além das correções diferenciais de fase podem ser transmitidas as observações de pseudodistância e de fase da onda portadora, tomadas a partir da estação de referência. Os dados são transmitidos em formato apropriado, estabelecido pela RTCM SC-104 (*Radio Technical Commission for Maritime Services – Special Committee 104*) (seção 2.3). As correções diferenciais são aplicadas diretamente na fase observada em um receptor móvel, e as observações de pseudodistâncias e fases utilizadas em algoritmos de dupla diferença de fase (DDF), possibilitando uma navegação com precisão centimétrica em tempo real (KRUEGER, 1996).

No método de Posicionamento RTK, como as ambiguidades são solucionadas em tempo real, o usuário tem a sua disponibilidade distâncias entre o receptor e o satélite com precisão da ordem de milímetros, o que permite o posicionamento da ordem de centímetros (MONICO, 2008).

Segundo Prado (2001), as observações brutas de pseudodistância e de fase da onda portadora permitem uma modelagem mais adequada ao levantamento, bem como a eliminação dos erros dos relógios dos satélites e dos receptores. Em função disto o par de mensagens 18/19 tem sido mais usado do que as correções providas pelas mensagens 20/21 (LANGLEY, 1995).

O processo de estimação e validação das ambiguidades GPS é comumente denominado na literatura de resolução ou fixação das ambiguidades. O posicionamento diferencial de precisão é obtido a partir da fixação inicial das ambiguidades inteiras. Esta operação é chamada de inicialização. A partir deste valor

inicial das ambiguidades o receptor móvel tem condições de calcular a pseudodistância a partir da fase da portadora acumulada. Entretanto, se houver alguma perda de sinal, o cálculo da pseudodistância sofrerá uma alteração de um determinado número de ciclos inteiros, sendo necessária uma nova inicialização (LANGLEY, 1995).

Podem ser adotados quatro tipos de estratégias para o cálculo das ambiguidades: o método geométrico (no domínio das coordenadas); as combinações de observações de fase e código (domínio das observações); os métodos de busca das ambiguidades (domínio das ambiguidades); ou os métodos combinados (SEEBER, 2003).

Seeber (1993) descreve o principal método de resolução das ambiguidades GPS para esta técnica. O On The Fly (OTF) dispensa a inicialização pelo modo estático e permite a resolução das ambiguidades enquanto o receptor está em movimento, como por exemplo, os levantamentos cinemáticos realizados no meio marinho (KRUEGER, 1996).

A precisão alcançada no posicionamento RTK depende da capacidade desta técnica em resolver as ambiguidades em tempo real, que depende do comprimento da linha de base, disponibilidade de dupla frequência, número de satélites rastreados, efeito multicaminho e ocorrência de perdas de sinal (LEICK, 1995).

Nesta técnica em geral a linha de base é limitada em face do alcance do enlace de comunicação empregado no envio das correções diferenciais. Este sistema de comunicação apresenta um menor custo e é de fácil instalação se comparado a outro sistema de comunicação. Apresentam ainda a vantagem de permitir uma taxa de transmissão de dados na ordem de 1.200, 2.400, 4.800 ou até mesmo 9.600 bits por segundo. O radio/modem de maior potência (p.ex. 35 W) deve sempre ser instalado na estação de referência enquanto que a estação móvel pode operar com um radio/modem de potência entre 0,5 W e 2 W (KRUEGER, 1996).

2.2.2.2 NTRIP

O NTRIP (*Networked Transport of RTCM via internet Protocol*) é um protocolo HTTP desenvolvido com o propósito de substituir o link de rádio pela conexão via

Internet. Foi desenhado de forma a distribuir dados GNSS continuamente a um receptor estático ou móvel via Internet, inclusive a *wireless*. A crescente disponibilidade dos serviços de Internet através da telefonia celular, do tipo GSM, GPRS, modem 3G foi o grande fator motivador para o seu desenvolvimento. O NTRIP é um protocolo concebido de forma a disseminar correções diferenciais ou outros tipos de dados GNSS em fluxos contínuos através da Internet. As principais características são (Weber et al., 2006; Weber et al, 2005; Chen et al., 2004; Costa et al., 2008):

- está baseado em HTTP (*Hipertext TransferProtocol*);
- têm a disponibilidade de distribuir qualquer tipo de dados GNSS em fluxo;
- têm a capacidade de aceitar uma grande quantidade de usuários simultaneamente;
- o acesso aos dados é realizado de forma segura sem a necessidade de o usuário estar em contato direto com as estações de referência;
- está habilitado a fornecer o fluxo de dados através de qualquer rede móvel TCP/IP (*Transfer Control Protocol / Internet Protocol*);
- A largura de banda necessária para disseminar as correções GNSS é relativamente pequena. Aproximadamente 0,5 Kb/s para DGPS e 5 Kb/s para RTK (GONZÁLEZ-MATESANZ *et al*, 2004).

O NTRIP é basicamente composto por três componentes; o NTRIP Server, o NTRIP Caster e o NTRIP Client. O NTRIP Server é o aplicativo que cria um canal de transferência de dados entre o receptor GNSS instalado em uma estação de referência e o NTRIP Caster. O NTRIP Caster é o distribuidor dos dados RTCM pela Internet para os usuários. Ele é um aplicativo que preferencialmente deve ficar instalado em um servidor do Centro de Controle de dados de uma Rede de Referência, como por exemplo, a RBMC (DAMMALAGE *et al*, 2008) (FIGURA 7).

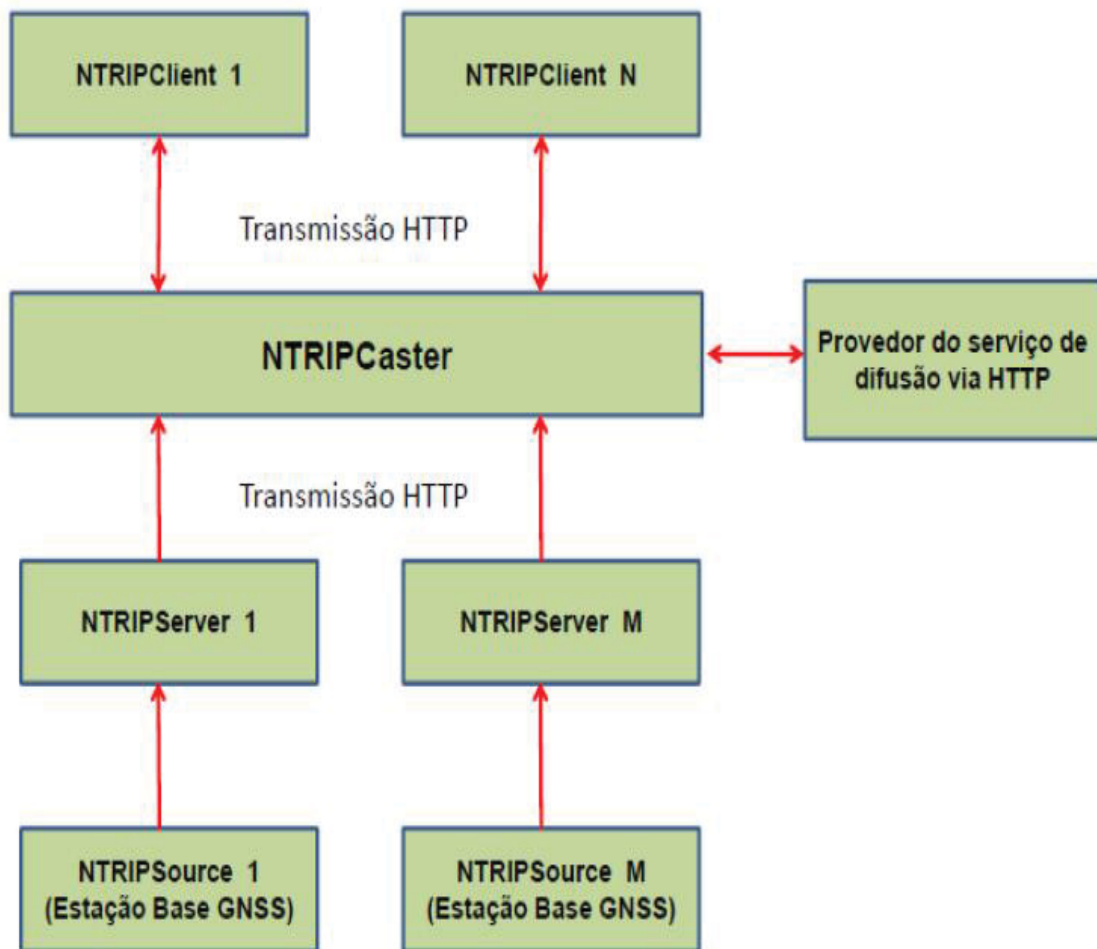


FIGURA 7 – Esquema de funcionamento do NTRIP.

FONTE: MOREIRA (2011).

Para Rogowski (2004) as principais vantagens do serviço NTRIP são:

- Fácil acesso aos dados das ERAs (Estações de Referência Ativa) (limitado apenas pela capacidade do tronco de comunicação da internet);
- Melhor interação e redução de custo para os usuários de receptores GNSS;
- Mediações rápidas e com alta acurácia para a maioria dos trabalhos geodésicos;
- Maior alcance quando comparado com o rádio convencional para transmissão das observações de fase da estação base para móvel.

O Brasil possui um serviço de posicionamento, disponibilizado desde maio de 2009, a partir da RBMC, chamado Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real (RBMC-IP), oferecido gratuitamente e mantido pelo

IBGE, que disponibiliza seus dados via protocolo Internet, no formato RTCM, permitindo dessa forma conexões simultâneas de usuários que possuem acesso à internet através de telefonia celular. Atualmente, o serviço conta com 95 estações (Anexo A). De acordo com o IBGE, são permitidos no máximo 1000 acessos simultâneos ao serviço da RBMC-IP (IBGE, 2015).

Para ter acesso às correções diferenciais geradas pela RBMC-IP, o usuário necessita de uma conexão de internet sem fio, um receptor GNSS e um software que permita a aplicação das correções diferenciais oriundas da estação de referência desejada (IBGE, 2015).

2.2.2.3 Técnica *Real Time* GIPSY (RTG)

A tecnologia GDGPS (*Global Differential GPS*) foi financiada pelo NASA's *Earth Science Technology Office* e desenvolvida pelo JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) em apoio a missões científicas, para qualquer parte do planeta, que necessitavam de posicionamento em tempo real com acurácias compatíveis com as obtidas pelos métodos pós-processados (ARROYO-SUAREZ *et al.*, 2005). A rede C-Nav GcGPS é formada por 53 estações de referências (FIGURA 8), operadas pela NavCom e pela JPL, sendo quatro estações principais (*Master*) em Colorado Springs (Colorado), Naval Observatory (Maryland), Torrance (Califórnia) e Moline (Illinois). Possui ainda 3 NPH (*Network Processing Hubs*) em Torrance (Califórnia), Moline (Illinois) e Pasadena (Califórnia). Esta técnica é incorporada por alguns serviços comerciais WADGPS, que provêm correção diferencial global GPS (GDGPS). O sistema WADGPS RTG continental usa algoritmos de correção que fornece um conjunto único de correções para toda uma área continental (RAMOS, 2007).

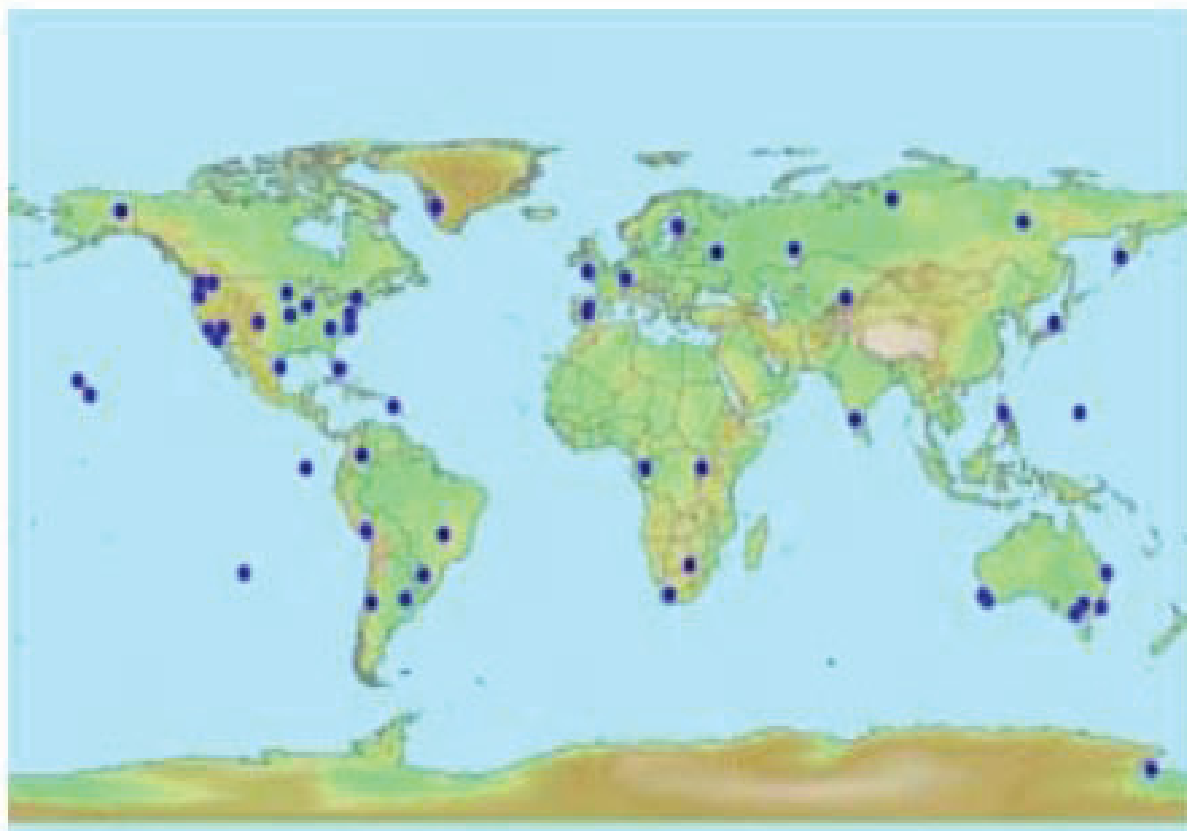


FIGURA 8 – Rede de referência do STARFIRE RTG.

FONTE: Hatch et al [ca. 2014].

Baseados em melhorias e refinamentos do algoritmo GIPSY-OASIS II (*GPS Inferred Positioning SYstem and Orbit Analysis SImulation Software*), foi desenvolvido o *Real Time GIPSY (RTG)*, que estima e modela com precisão vários parâmetros e fontes de erros dos satélites GPS, como a imprecisão nas órbitas dos satélites GPS, através de dados recebidos em tempo real, via Internet, de uma rede global de estações de referência, gerando correções para as órbitas e relógios de cada satélite GPS ativo, que são retransmitidas para os usuários através da Banda L dos satélites de comunicação INMARSAT (1525-1565 MHz) (RAMOS, 2007).

Os NPH (*Network Processing Hubs*) processam as observações GPS brutas de dupla frequência oriundas das estações de referência da rede, e geram um conjunto de correções RTG, baseadas em combinações lineares livres dos efeitos ionosféricos. Estas correções são transmitidas, via *link* de comunicações terrestres, aos centros de controle dos satélites geo-estacionários para retransmissão aos usuários do sistema (HUDSON e SHARP, 2001).

No plano conceitual, é semelhante a outros Wide-Area DGPS sistemas, tais como o Wide Area Augmentation System (WAAS), EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) na Europa e MSAS (*Multi-functional Satellite Augmentation System*) no Japão. No entanto, uma diferença significativa é a utilização de receptores de dupla frequência, em vez de receptores de uma frequência apenas. O uso de receptores de dupla frequência permite a modelagem direta de efeitos de refração ionosférica, portanto, apenas algumas estações de referência são necessárias para atingir resultados de alta precisão. A precisão de um sigma por eixo horizontal raramente ultrapassa os 10 cm. Como esperado, a precisão não é dependente da localização geográfica (LEICK, 1995).

2.3 INFLUÊNCIA DOS ERROS NAS MEDIÇÕES GNSS

Os erros existentes no sistema GNSS conduzem a erros nos resultados, e, portanto é importante minimizá-los, no intuito de se obter melhores precisões nos levantamentos (KRUEGER, 2011). Além do cuidado com os erros sistemáticos, é importante que se tenha igual atenção com os ruídos e com as interferências que afetam as medidas de pseudodistância baseadas no código e na fase da onda portadora (FREIBERGER JR, 2003).

De acordo com Monico (2008), os erros GNSS podem ser classificados de acordo com as suas fontes, que são divididas em: satélites, propagação do sinal, receptor/antena e estação.

A TABELA 7 apresenta a influência dos erros nos posicionamentos relativos sem a influência da Disponibilidade Seletiva (S/A).

TABELA 7 – Influência dos erros no posicionamento relativo.

Influência dos erros no posicionamento relativo		
Fonte do Erro	Erro atuante	Erro na posição
Satélites	Efemérides transmitidas	0,1 - 0,5 ppm
	Relógio do satélite	praticamente eliminado
Propagação do sinal	Ionosfera (dupla frequência)	mm - cm
	Troposfera	mm - dm
	Multicaminho	5 cm
Receptor	Variação do centro de fase da antena: antena do mesmo tipo	praticamente eliminado
	Variação do centro de fase da antena: diferentes tipos de antena	mm - cm
-	Influência total	mm - dm

FONTE: Adaptado de FREIBERGER JR (2003).

A TABELA 8 apresenta a contribuição de alguns dos principais erros existentes para a pseudodistância nos posicionamentos absolutos.

TABELA 8 – Influência dos erros no posicionamento absoluto.

Influência dos erros no posicionamento absoluto		
Fonte do Erro	Erro atuante	Erro na posição (EMQ)
Satélites	Relógio do satélite	1 - 2 m
	Órbita	1 - 2 m
Propagação de sinal	Ionosfera (dupla frequência)	cm - dm
	Ionosfera (1 frequência) (modelo, média)	5 - 10 m
	Troposfera (modelo)	dm
	Multicaminho	1 - 2 m
Receptor	Ruído da observação	0,2 - 1 m
	Atrasos de hardware	dm - m
	Centro de fase da antena	mm - cm

FONTE: Adaptado de SEEGER (2003).

2.3.1 Erros relacionados aos satélites

Os erros relacionados aos satélites são os erros referentes às órbitas, aos relógios dos satélites, à relatividade, ao atraso de grupo e ao centro de fase da antena (MONICO, 2008).

A palavra efeméride (do latim, *ephemèris*) significa “memorial diário”, “calendário”. Os erros orbitais existem devido ao fato de as efemérides transmitidas pelos satélites GNSS não corresponderem exatamente com o posicionamento dos mesmos no espaço. Dessa forma, a imprecisão da distância geométrica entre o satélite e o observador reflete diretamente nas coordenadas do receptor (SEEBER, 2003).

As efemérides pós-processadas (no caso, as efemérides precisas), disponibilizadas através da internet por instituições como o IGS, aumentam a acurácia resultante de levantamentos realizados com a utilização das efemérides transmitidas (de 1 m a 3 m) para uma acurácia estimada de 2 cm a 5 cm. As efemérides pós-processadas (no caso, as efemérides precisas), disponibilizadas através da internet por instituições como o IGS, aumentam a acurácia resultante de levantamentos realizados com a utilização das efemérides transmitidas (de 1 m a 3 m) para uma acurácia estimada de 2 cm a 5 cm (HOFMANN-WELLMANN ET AL., 2001; INTERNATIONAL GNSS SERVICE, 2006).

Os relógios atômicos dos satélites, mesmo sendo precisos, divergem do sistema de tempo GPS principalmente em razão dos erros nos osciladores dos mesmos (KRUEGER, 2011). Para reduzir tais erros, deve-se utilizar o método de posicionamento relativo, pois com a formação das duplas diferenças de fase, os erros dos relógios dos satélites e dos receptores são cancelados (MONICO, 2008).

Os erros referentes aos efeitos da relatividade atingem as órbitas e os relógios dos satélites, a propagação do sinal e os relógios dos receptores. Tais efeitos são compensados antes do lançamento dos satélites, com uma redução realizada na frequência nominal de seus relógios, entretanto, a utilização do método de posicionamento relativo reduz ainda mais algum resíduo do efeito existente (MONICO, 2008).

2.3.2 Erros relacionados à propagação do sinal

É importante a identificação e o estudo dos meios em que se propagam os sinais GPS, assim como a determinação da influência desses meios nos sinais, de tal forma a reduzir os erros gerados por este tipo de interação (FREIBERGER JR, 2007). O sinal GPS sofre influência da troposfera e da ionosfera, duas camadas da atmosfera, resultando numa perturbação da trajetória do sinal (KRUEGER, 2011).

Com uma espessura de 50 km a partir da superfície da Terra, a troposfera possui um índice de refração que varia em função de suas condições meteorológicas (temperatura seca e úmida, pressão atmosférica, e pressão do vapor d'água). Sua influência na propagação dos sinais GPS pode ser decomposta em componentes secos e úmidos, que interferem de formas distintas nas ondas eletromagnéticas. Para a minimização dos efeitos troposféricos são utilizados os modelos matemáticos, como o de Hopfield, a dupla diferença de fase, e as máscaras de elevação superiores a 15° (KRUEGER, 2011).

A ionosfera, que abarca as regiões da atmosfera compreendidas entre 50 km e 1.000 km acima da superfície terrestre, possui, devido à atividade solar, a ionização de seus gases, o que provoca atrasos na propagação dos sinais eletromagnéticos. A refração ionosférica depende de 3 fatores: a frequência do sinal, a localização geográfica e o tempo (KRUEGER, 2011). O efeito ionosférico pode causar atrasos na propagação dos sinais GPS de até 100 m em períodos de intensa atividade solar, e está diretamente relacionado à variação da quantidade de elétrons na ionosfera. Porém, na maior parte do tempo, os atrasos variam entre 20 m e 30 m durante o dia, e de 3 m a 6 m durante a noite. Com o uso de receptores de dupla frequência, consegue-se diminuir em até 90% os erros gerados por esses atrasos (LEICK, 2004).

O multicaminho é causado quando sinais GPS emitidos pelos satélites são refletidos, e ainda assim chegam à antena do receptor. Tais sinais são denominados sinais indiretos (ou refletidos), enquanto que aqueles que realizam o trajeto de forma direta da antena do satélite à antena do receptor são denominados sinais diretos (MONICO, 2008) (FIGURA 9). O efeito do multicaminhamento dos sinais se dá em função do tipo de antena utilizada pelo receptor, do tipo de receptor, das superfícies próximas à antena (por exemplo: árvores, massas d'água, cercas, carros, prédios, e até mesmo o próprio satélite emissor dos sinais) (KRUEGER, 2011). Uma das formas

existentes de se minimizar os efeitos do multicaminho é através da utilização da antena *choke ring*, que possui anéis concêntricos ao redor da antena, a protegendo dos sinais indiretos.

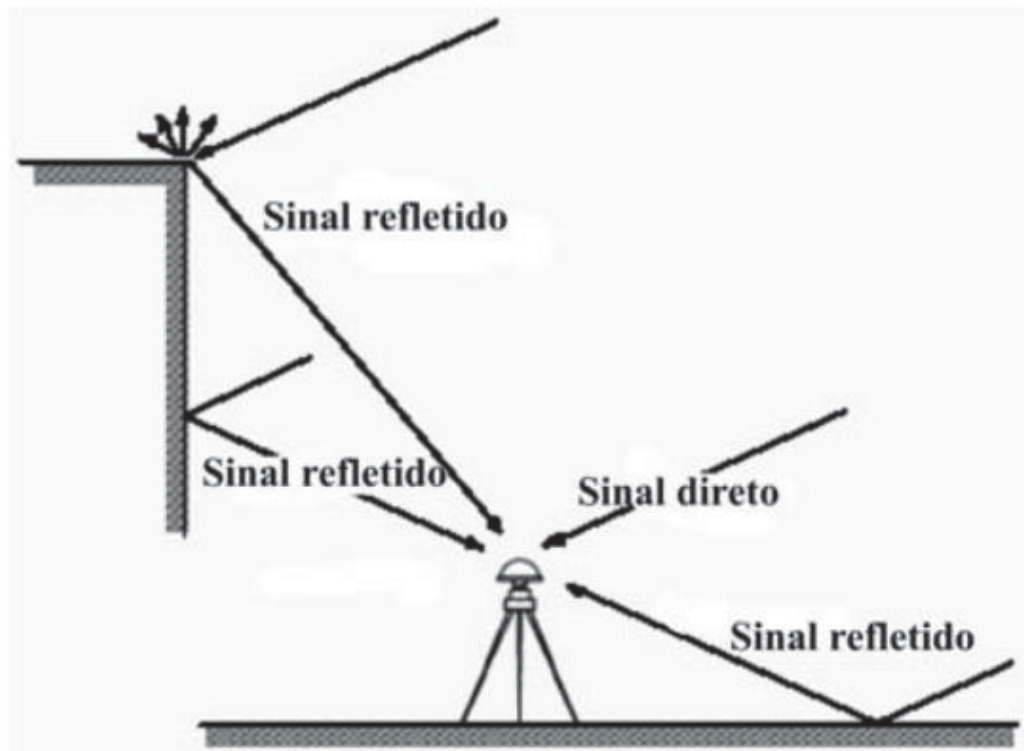


FIGURA 9 – Ocorrência de multicaminhamento de sinais.
FONTE: MONICO (2008).

2.3.3 Erros relacionados ao receptor/antena

O erro do relógio do receptor é uma das incógnitas a ser determinada. É importante devido ao fato de que $1 \mu\text{s}$ no relógio acarreta um erro de 300 m na distância (KRUEGER, 2011).

O centro de fase da antena é a diferença existente entre o centro mecânico da antena e o seu centro eletromagnético. É o ponto de referência para o posicionamento. É esperada a coincidência desses dois centros, porém não é o que costuma ocorrer. Através da utilização de métodos de posicionamento relativo, onde ambos os receptores utilizam antenas orientadas e de mesmo modelo de fabricação,

tal erro pode ser reduzido. Nas demais situações utiliza-se calibrar as antenas (KRUEGER, 2011).

2.3.4 Erros relacionados à estação

Os erros relacionados à estação estão relacionados diretamente com a ocorrência de fenômenos geofísicos durante a realização do levantamento, como as marés terrestres, o movimento do polo, as cargas oceânicas e atmosféricas. O registro impreciso das coordenadas da estação de referência nos levantamentos que utilizam o método de posicionamento relativo também é considerado um erro associado à estação (MONICO, 2008).

2.4 DILUIÇÃO DA PRECISÃO (DOP)

O DOP (*Dilution of Precision*) é um dos indicadores da precisão dos resultados a serem obtidos no levantamento GNSS. Decorre da precisão da observação da pseudodistância, apresentada pelo erro equivalente do usuário, e da configuração geométrica dos satélites (MONICO, 2008).

A relação entre o desvio padrão da observação e o desvio padrão associado ao posicionamento é apresentada pela equação 2.5 (SEEBER, 2003).

$$\sigma_p = DOP \times \sigma_r \quad (2.5)$$

A partir desta fórmula, pode-se obter diferentes DOPs que fornecem outras degradações da precisão, como o HDOP (*Horizontal DOP* – para o posicionamento horizontal), VDOP (*Vertical DOP* – para o posicionamento vertical), PDOP (*Position DOP* – para o posicionamento tridimensional), TDOP (*Time DOP* – para a determinação do tempo), e o GDOP (*Geometrical DOP* – para o posicionamento tridimensional e para a determinação do tempo). O PDOP pode ser interpretado como o valor inversamente proporcional ao volume do tetraedro formado pelos satélites

observados e a estação de observação, ocorrendo a melhor geometria desses satélites quando da maximização do volume calculado (equação 2.6) (MONICO, 2008).

$$PDOP = \frac{1}{V} \quad (2.6)$$

O GDOP fornece a degradação da precisão no posicionamento em função da combinação de todos os fatores (equação 2.7) (KRUEGER, 2011).

$$GDOP = \sqrt{(PDOP)^2 + (TDOP)^2} \quad (2.7)$$

2.5 MENSAGENS RTCM STANDARD SC-104

As mensagens RTCM *standard* SC-104 definem as configurações para a transmissão dos dados de uma estação base ou de referência para uma estação *rover*, permitindo desta forma que a última receba as correções diferenciais (entre outras informações) produzidas pela primeira.

A RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Service*) é uma organização internacional científica, profissional e educacional, sem fins lucrativos, iniciada em 1947 como um comitê do governo dos EUA (RTCM, 2006). O Comitê Especial 104 (SC-104), criado pela RTCM, é responsável pela disseminação dos padrões para os sistemas diferenciais GNSS, que são utilizados mundialmente para navegação por satélite (marítima ou terrestre).

É constituída por mais de cem organizações participantes, governamentais ou não, engajadas no desenvolvimento de padrões internacionais para sistemas de radionavegação e radiocomunicação. Composta de Comitês Especiais, responsáveis pela disseminação de relatórios denominados Padrões RTMC, recomendados nas diversas áreas afetas a radionavegação e radiocomunicação (RAMOS, 2007).

O U.S. *Institute of Navigation* (ION), solicitou à RTCM, em 1983, que fossem desenvolvidas recomendações para as transmissões das correções diferenciais, com a instituição de mensagens padronizadas, para que todos os envolvidos em atividades

que utilizassem estes tipos de mensagens tivessem acesso às mesmas informações disponibilizadas (KRUEGER, 1996).

São previstas 64 tipos de mensagens, identificadas por seus números de reconhecimento e enquadradas em três condições: algumas mensagens são definidas ou fixas, outras têm caráter provisório ou de tentativa e outras são mensagens que foram retiradas das versões mais recentes. As demais estão reservadas para aplicações futuras.

Os padrões são compostos por mensagens numericamente identificadas, de acordo com o tipo de informação transmitida, visando à correção de um determinado erro inerente aos sistemas GNSS. Os formatos das mensagens RTCM seguem a mesma estrutura das mensagens de navegação GPS (BAUER, 1997), com palavras de 30 bits e taxa de transmissão de 50 bps, porém aquelas utilizam um comprimento variável para o formato, enquanto estas têm um comprimento fixo (KRUEGER, 1996). De acordo com a evolução das técnicas de posicionamento, novas tecnologias e meios de comunicação, novas mensagens são incorporadas, constituindo as diferentes versões do padrão RTCM SC-104.

A TABELA 10 mostra os tipos de mensagens RTCM SC-104, pertencentes à versão 2.2, condição atual e seu conteúdo. A primeira versão (1.0) foi publicada em 1985, sendo substituída em 1990 pela versão 2.0, atendendo ao posicionamento diferencial baseado em observações de fase do código e código suavizado pela fase da onda portadora (DGPS) (TABELA 9).

Em 1994, a versão 2.1 incluiu as mensagens 18, 19, 20 e 21, que possibilitaram o posicionamento RTK. A versão 2.2 (1998) incluiu a possibilidade de transmissão de correções diferenciais de outros GNSS, como GLONASS, por exemplo, (SEEBER, 2003; LANGLEY, 1995) (TABELA 10).

TABELA 9 – Versões 2.X das mensagens RTCM.

Versões 2.x das mensagens RTCM		
Versão	Data	Observações
2.0	01 Jan 1990	Correções para fase do código e do código suavizado pela portadora;
2.1	25 Jan 1994	Inclusão das mensagens 18, 19, 20, e 21, com correções da fase da portadora;
2.2	Sem informação	Inclusão de correções diferenciais para DGPS/GLONASS.

FONTE: MUELLERSCHOEN (2005).

Atualmente estão disponíveis as versões 2.3 (2001) e 3.0 (2004), aperfeiçoando a acurácia dos sistemas RTK e das redes de estações de referência, respectivamente. A versão 3.1 (2006), denominada RTCM padrão 10403.1, é apresentada pelo próprio comitê como uma alternativa mais eficiente à versão 2.3, e procura fornecer um padrão de mensagens de correção que atenda serviços DGNSS (DGPS e RTK) *Wide Área* (RAMOS, 2007).

Em fevereiro de 2004 foi publicado o padrão RTCM versão 3.0 (TABELA 11), que é baseado no conceito *Master-Auxiliary*, para transmissão de mensagens de correção GPS a partir de estações de referência, composta por uma estação principal (*Master*) e as outras estações da rede (*Auxiliary*). Tal conceito apresenta desempenho melhor que os métodos FKP (Parâmetros de Correção de Área) e VRS (Estação de Referência Virtual) quando referido ao tempo de inicialização, à confiabilidade, à solução de ambiguidades e à acurácia (BROWN *et al.*, 2005).

TABELA 10 - Tipos de mensagens RTCM V 2.2.

TIPOS DE MENSAGEM RTCM V 2.2		
TIPO DE MENSAGEM	CONDIÇÃO ATUAL	CONTEÚDO DA MENSAGEM
1	Fixa	Correções diferenciais GPS
2	Fixa	Correções delta diferenciais GPS
3	Fixa	Parâmetros da estação de referência
4	Tentativa	Datum da estação de referência
5	Fixa	Saúde da constelação GPS
6	Fixa	Quadro nulo
7	Fixa	Almanaque dos radiofaróis – DGPS
8	Tentativa	Almanaque das estações de pseudossatélites
9	Fixa	Correções DGPS- conjunto parcial de satélites
10	Reservada	Correções diferenciais para o código P
11	Reservada	Correções delta diferenciais do código C/A para L1, L2
12	Reservada	Parâmetros das estações de pseudossatélites
13	Tentativa	Parâmetros das estações de transmissão
14	Tentativa	Informações da semana GPS
15	Tentativa	Informações sobre ionosfera
16	Fixa	Mensagem especial GPS
17	Tentativa	Efemérides GPS
18	Fixa	Medidas não corrigidas das fases da portadora RTK
19	Fixa	Medidas não corrigidas das pseudodistâncias RTK
20	Tentativa	Correções da fase da portadora RTK
21	Tentativa	Correções de pseudodistâncias RTK
22	Tentativa	Parâmetros da estação de referência
23-30	-	Indefinidas
31-36	Tentativa	Mensagens GLONASS
37	Tentativa	Parâmetros do sistema de tempo
59	Fixa	Uso privado
30-63	Reservada	Uso múltiplo

FONTE: Adaptado do RTCM (1998).

TABELA 11- Tipos de mensagens RTCM V 3.1.

Grupos de mensagens do padrão RTCM versão 3.1		
Nome do grupo	Nome do sub-grupo	Tipo de mensagem
Observações	GPS L1	1001
		1002
	GPS L1 / L2	1003
		1004
	GLONASS L1	1009
		1010
	GLONASS L1 / L2	1011
		1012
Coordenadas da Estação	Estação de referência estática RTK - ARP	1005
Descrição da antena	Base ARP com a altura da antena	1006
	Descrição da antena	1007
	Descrição da antena e número serial	1008
Rede de correções RTK	Dados das estações auxiliares	1014
	Diferenças de correção da ionosfera	1015
	Diferenças de correção da geometria	1016
	Combinação das diferenças de correção da geometria e da ionosfera	1017
Informações Operacionais auxiliares	Parâmetros do sistema	1013
	Dados de efemérides GPS	1019
	Dados de efemérides GLONASS	1020
	Sequencia de texto de um código	1029

FONTE: Adaptado do RTCM (2004).

A versão 10.1 (RTCM 10410.1) foi criada em setembro de 2004 padronizando o protocolo utilizado para a realização de transmissões de mensagens GNSS através da Internet, chamado NTRIP, que pode ser acessada através de serviços móveis de transmissão do protocolo IP (LENZ, 2004). A versão 3.2 (RTCM 10403.2) foi criada em fevereiro de 2013, e acrescenta ao rol de mensagens disponíveis as Mensagens de Sinais Múltiplos (MSM – *Multiple Signal Messages*). A TABELA 12 apresenta um resumo com as versões, os anos de lançamentos, os tipos de mensagens principais, as aplicações e a que tipo de sistema GNSS atende.

TABELA 12 – Evolução das versões e revisões do RTCM standard SC-104.

Evolução das versões e revisões do RTCM standard SC-104				
Versão	Ano	Tipos de mensagens principais	Aplicação	Atende
1.0	1985	Problemas com a implementação	DGPS	GPS
2.0	1990	1, 2, 3, 16 59	DGPS	GPS
2.1	1994	2.0 + 18, 19, 20, 21	DGPS + RTK	GPS
2.2	1998	2.1 + 31 a 36 (para GLONASS)	DGPS + RTK	GPS e GLONASS
2.3	2001	2.2 + 23 (tipo de antena) + 24 (ARP)	DGPS + RTK	GPS e GLONASS
3.0	2004	Mensagens reformuladas	RTK	GPS e GLONASS
3.1	2006 (2009)	3.0 + correções RTK em rede	RTK em rede	GPS e GLONASS
3.2	2013	3.1 + 5 emendas 3.0 + MSM	RTK em rede	GNSS
10.1	2004	Padronização das mensagens	NTRIP	GNSS

FONTE: Adaptado de SAATKAMP (2013).

2.6 MENSAGENS NMEA 0183

As mensagens NMEA 0183 instituem uma forma de apresentação dos dados, tanto para os usuários dos equipamentos que geram tais mensagens, como para outros equipamentos que estejam comunicando-se entre si (NMEA, 2007).

O padrão NMEA foi criado pela *National Marine Electronics Association* com o objetivo de viabilizar a integração dos diferentes equipamentos eletrônicos empregados na navegação. Para isso, o NMEA estabelece uma interface de comunicação entre os equipamentos e o formato dos dados (NMEA, 2007). Ele é um padrão de uso voluntário por parte da indústria. A sua primeira versão foi liberada em março de 1983. O padrão NMEA 0183 define, dentre outros, características elétricas do sinal, protocolo da transmissão de dados, sincronismo e formatos específicos de sentenças de transmissão. Este padrão tem sido constantemente atualizado, e a sua última versão, 3.01, data de janeiro de 2002.

É um protocolo usado pelos receptores GPS para transmitir dados, com bytes de 8 bits, sem paridade e 1 bit de parada. O padrão definido pela NMEA, para a taxa

de transmissão de dados, é de 4800 bps, contudo outras velocidades de transmissão podem ser utilizadas. É compatível com a porta serial, padrão RS232C, que comumente é usada na maioria dos computadores e receptores GPS (SOARES, 2005).

A ideia básica do formato NMEA é a capacidade de enviar uma linha de dados, chamada sentença, que é totalmente independente das demais sentenças (SOARES, 2005). As mensagens NMEA fornecem informações como latitude e longitude WGS-84 G1150, altitude elipsoidal, hora UTC, VDOP, HDOP, PDOP, desvios padrão das coordenadas, idade das correções diferenciais e qualidade das soluções (GPS, DGPS, RTK *Fixed*, RTK *Float*), entre outras.

As mensagens deste padrão empregam o formato ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) como referência, em até 82 caracteres e são iniciadas pelo caractere “\$” (um exemplar da Tabela ASCII encontra-se no Anexo C). As sentenças padrão possuem um prefixo constituído por duas letras, as quais definem o tipo de equipamento para o qual elas são destinadas. Para os receptores GPS é usado o prefixo “GP”, enquanto que para os equipamentos que utilizam o sistema GLONASS, o prefixo é “GL”. Os próximos 3 caracteres indicam o tipo das sentenças. Após o último campo de dados, segue o campo da paridade, constituído por um asterisco (*) e dois caracteres numéricos hexadecimais (SOARES, 2005).

O final das mensagens é terminado com “retorno de carro/alimenta linha” (<CR> e <LF>) onde: CR significa *carriage return* e LF significa *line feed*. (são caracteres ASCII não imprimíveis, ou seja, apenas de controle) (ASHTECH INC, 1994 e TRIMBLE, 1995). Alguns exemplos de mensagens NMEA para os equipamentos GPS estão apresentados na TABELA 13.

TABELA 13 - Mensagens NMEA 0183 para equipamentos GPS e suas funções.

Mensagens NMEA 0183 para equipamentos GPS e suas funções		
ORDEM	MENSAGEM	FUNÇÃO
1	\$GPAAM	Alarme de chegada em um ponto selecionado
2	\$GPALM	Almanaque de dados GPS
3	\$GPBEC	Direção e distância até um ponto selecionado
4	\$GPBOD	Direção – origem/destino
5	\$GPBWW	Direção - ponto selecionado para outro ponto selecionado
6	\$GPDPT	Profundidade abaixo do transdutor
7	\$GPDPT	Profundidade
8	\$GPFSI	Conjunto de informação de frequência
9	\$GPGGA	Posição GPS
10	\$GPGLL	Posição geográfica - Latitude/Longitude
11	\$GPGSA	GPS DOP e satélites ativos
12	\$GPGSN	Número de satélites que estão sendo rastreados
13	\$GPGST	GPS Ruídos da pseudodistância e estatística
14	\$GPGSV	Satélites GPS em observação
15	\$GPMSG	Mensagem RTCM
16	\$GPMSK	Controle do receptor do <i>beacon</i>
17	\$GPMSS	Status do receptor do <i>beacon</i>
18	\$GPMTA	Temperatura do ar
19	\$GPMTW	Temperatura da água
20	\$GPMWD	Direção do vento
21	\$GPMWV	Velocidade e direção do vento
22	\$GPVLW	Distância viajada na água
23	\$GPWNC	Distância - ponto selecionado - ponto selecionado
24	\$GPWPL	Localização do ponto selecionado
25	\$GPZFO	UTC & hora na origem
26	\$GPZTG	UTC & hora no destino

FONTE: Adaptado de NMEA (2007).

A mensagem \$GPGGA é apresentada como exemplo do formato e da constituição de uma mensagem NMEA (TABELA 14):

\$GPGGA,hhmmss.ss,xxxx.xxxxx,S,xxxxx,xxxxx,W,x,xx,xx.x,±xxxxx,M,
±xxxxx.x,M,xxx,xxxx<CR><LF>

TABELA 14 – Mensagem NMEA \$GPGGA (Posição).

Mensagem NMEA 0183 \$GPGGA (Posição)	
Campo	Significado
1	Hora UTC (horas, minutos, segundos, décimos de segundos)
2	GPS latitude (graus, décimos de minutos)
3	Latitude (N- norte, S- sul)
4	GPS longitude (graus, décimos de minutos)
5	Longitude (W- oeste, E- leste)
6	Indicador de qualidade GPS (1: GPS disponível, 2:GPS não disponível)
7	Número de satélites GPS em uso
8	Diluição horizontal da precisão – HDOP
9, 10	Altura da antena em metros, M para metros
11, 12	Altitude geoidal em metros, M para metros
13	Idade dos dados diferenciais GPS
14	Identificação da estação diferencial

FONTE: SOARES, 2005.

Na TABELA 15 são apresentados exemplos de conteúdos existentes em diferentes tipos de mensagens NMEA.

TABELA 15 – Exemplos de conteúdo por tipo de mensagem NMEA 0183

Exemplos de conteúdo por tipo de mensagem NMEA 0183	
Tipo	Conteúdo
GGA	Posição GPS, hora, qualidade da posição, número de satélites observados, HDOP, altura geoidal e idade das correções diferenciais;
GSA	Satélites empregados na solução de posição e parâmetros DOP;
GSV	Número de satélites observados e respectivas identificações, elevação, azimuth e relação sinal / ruído (SNR);
GST	Informações sobre a elipse de erros das soluções de posição GPS e o desvio padrão de cada componente (latitude, longitude e altitude geométrica);
VTG	Informações de navegação de rumo verdadeiro (COG) e velocidade (SOG);
ZDA	Data e hora.

FONTE: RAMOS, 2007.

2.7 ANÁLISE DE OBSERVAÇÕES

Para a realização de medições diretas e indiretas de grandezas físicas são necessários técnicas e instrumentos diferentes para cada uma destas a serem mensuradas. Qualquer medição está exposta aos mais diferentes tipos de erros. Os erros podem ser provenientes de falhas humanas, da influência de condições ambientais, da imperfeição dos equipamentos, dentre outros (GEMAEL, 1994). Devido à comparência dos mesmos, o verdadeiro valor das grandezas nunca é conhecido. De acordo com o processo de medida utilizado, pode-se obter a dimensão desejada de uma grandeza ou parâmetro com melhor ou pior qualidade. Devido a tais fatos se teoriza a abstração do valor verdadeiro (MONICO, 2009).

O grau de incerteza apresentado pelas medidas, intitulado erro experimental, faz com que a decorrência da mensuração seja tida por alto ou baixo grau de confiança, mas em nenhum momento com completa certeza. Tal suspeita faz com que por diversas vezes se realize a mesma medição repetidamente, tornando necessário para resolver tal problema analisar a acurácia e a precisão das observações levantadas, a fim de adotar uma solução para a questão.

De acordo com Dalmolin e Santos (2014), o vocábulo medida é associado ao processo de medir, enquanto que observação está associada ao resultado do processo, ou seja, ao valor. Ambos estão sujeitas aos erros.

As medições podem ser feitas de forma direta e de forma indireta. As medições diretas são realizadas diretamente sobre o que se deseja determinar, obtendo desta maneira os valores almejados. Já as medições indiretas são realizadas dadas a impossibilidade de a mensuração ser realizada diretamente, sendo, portanto utilizadas relações matemáticas para determinação do valor pretendido (DALMOLIN e SANTOS, 2014).

As fontes de erros de observações são classificadas como erros instrumentais, erros naturais e erros pessoais. Os erros instrumentais são advindos de falhas na confecção dos instrumentos de medição. Os erros naturais ocorrem devido à variabilidade das condições ambientais no momento da medição, como por exemplo, umidade, pressão atmosférica, velocidade do vento, força gravitacional, campo eletromagnético, entre outros. Os erros pessoais ocorrem devido à habilidade do operador ao realizar a medição (DALMOLIN e SANTOS, 2014).

Os erros ainda podem ser classificados quanto à sua natureza como grosseiros, sistemáticos (determinados) ou aleatórios (randômicos ou acidentais). Os erros grosseiros são geralmente causados por desatenção de quem está realizando a medição. Tais erros podem e devem ser excluídos quando detectados. Os erros sistemáticos podem ser preditos e eliminados através de cuidados no próprio ato da medição. Pelo fato de possuírem efeito acumulativo nas medições, são conhecidos também por vício ou tendência. Os erros acidentais ocorrem em um ou outro sentido da medição (positivo ou negativo), e por esse fato não pode ser associada a nenhuma outra causa conhecida. Tais erros tendem a se anular com o aumento do número de observações, e podem ser tratados com análise estatística (GEMAEL, 1994).

De acordo com Mikhail e Ackermann (1976), a acurácia é o grau de proximidade de uma estimativa com o seu parâmetro, e a precisão é o grau de consistência da grandeza medida com a sua média (FIGURA 10).

Já de acordo com Gemael (1994), precisão associa-se a efeitos aleatórios (dispersão das observações), e acurácia associa-se a efeitos sistemáticos e aleatórios.

Segundo Dalmolin e Santos (2014), a precisão é o grau de consistência entre os valores observados e se baseia na diferença algébrica entre as medidas. Ou seja, a precisão evidencia o grau de dispersão das observações em torno de sua média. Já a acurácia é o grau de aproximação que os valores medidos apresentam em relação ao valor verdadeiro.

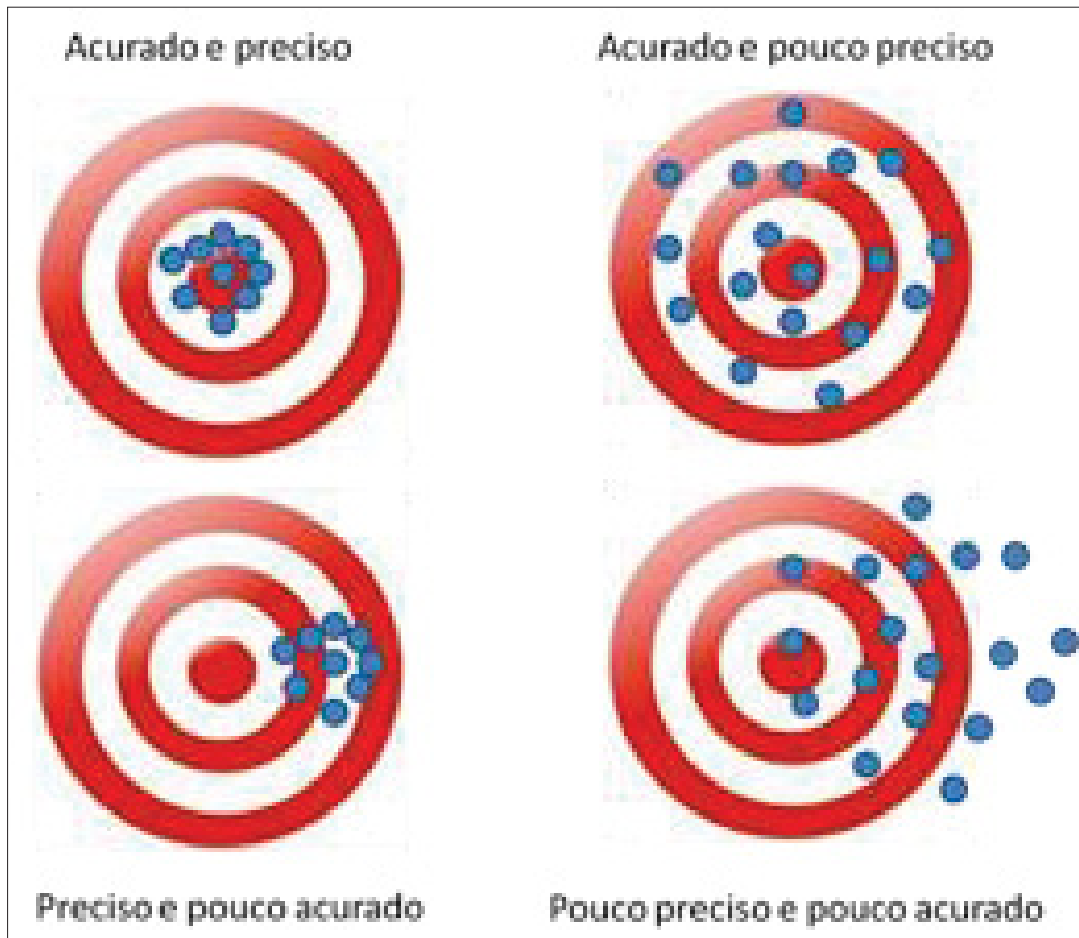


FIGURA 10 – Análise e compreensão da acurácia e da precisão utilizando o exemplo dos tiros nos alvos.

FONTE: <http://goo.gl/YHcf4Z>.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados, de forma detalhada, os materiais necessários tanto para o desenvolvimento da presente pesquisa, quanto para a obtenção dos resultados finais e das conclusões. Também serão descritos o conjunto de processos empregados na investigação das diferentes técnicas de posicionamento adotadas para a coleta de dados, assim como as análises efetuadas nos respectivos dados, sendo iniciado com a descrição da área em que ocorrerão os levantamentos de campo.

3.1 LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado em uma área que possibilitasse o emprego de vários equipamentos de posicionamento Diferencial GPS, bem como, a avaliação da qualidade de diferentes tipos de levantamento GPS. Visando facilitar a sua identificação, a mesma foi denominada Área de Estudo DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) (FIGURA 11 e FIGURA 12).

Na Área de Estudo DHN foram efetuados um total de 04 experimentos, descritos na sequência e denominados de Experimento 01 (Análise de coordenadas geodésicas de pontos), Experimento 02 (Análise de linhas), Experimento 03 (Análise de desníveis em um perfil) e Experimento 04 (Análise de área e de perfis longitudinal e transversal da praia a partir de MDT).

Estes experimentos foram compreendidos nos limites do Complexo Naval da Ponta da Armação, localizado na Rua Barão de Jaceguai, s/n – Ponta da Armação, no município de Niterói, estado do Rio de Janeiro. As coordenadas aproximadas da DHN são latitude $22^{\circ}53'1,25''$ S e longitude $43^{\circ}7'45,86''$ W, com altitude elipsoidal média de 0 metros, no sistema de referência WGS84. A Figura 11 mostra o complexo do Comando da DHN, enquanto que na Figura 12 tem-se uma vista superior mais ampla da área de abrangência dos experimentos a serem realizados.



FIGURA 11 – Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

FONTE: https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/hist_pontarmacao.html.

A Diretoria de Hidrografia e Navegação foi criada em 02 de fevereiro de 1876, e tem por missão apoiar a aplicação do Poder Naval, garantir a qualidade das atividades de segurança da navegação que lhe couberem, e contribuir para projetos nacionais de pesquisa em águas jurisdicionais brasileiras e dos resultantes de compromissos internacionais. No que se refere ao apoio ao Poder Naval, o mesmo se dá por meio de diversas atividades, como a hidrografia, oceanografia, cartografia, meteorologia, entre outras. Localiza-se na Ponta da Armação desde 1983 (DHN, 2015).

Uma das organizações subordinadas à DHN é o Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), que tem a responsabilidade de produzir as informações ambientais tanto para a aplicação ao Poder Naval, como para a segurança da navegação, tanto quanto para projetos de pesquisa de interesse da Marinha do Brasil (MB) (CHM, 2015).



FIGURA 12 – Complexo Naval da Ponta da Armação (Niterói – RJ).

FONTE: Google Maps (2015).

A escolha da área de estudo na DHN se deu devido à impossibilidade de se utilizar o equipamento GPS RTG C-NAV3050 em outra localização, já que o mesmo é de propriedade da MB, e é constantemente utilizado pelo CHM nos navios hidrográficos da DHN. Tal tecnologia exige da MB, além da aquisição dos receptores e das antenas do equipamento, o pagamento de uma taxa anual para a utilização dos serviços de comunicação dos satélites Inmarsat.

3.2 RECURSOS UTILIZADOS

Para todos os levantamentos direcionados à engenharia em que se almeja a análise da precisão e da acurácia dos mesmos, é de fundamental importância o planejamento referente aos recursos materiais e humanos a serem empregados, assim como a realização da correta observância da logística, das condições

meteorológicas, entre outros que terão diretamente impacto sobre a realização das referidas atividades. Desta forma, os materiais de importância primordial e imprescindíveis que serão apresentados garantiram a perfeita execução dos levantamentos, e a posterior análise dos dados obtidos.

Para a realização dos levantamentos GPS utilizando-se os Métodos de Posicionamento Relativo Estático e Cinemático (seção 2.2.1) foram utilizados equipamentos GPS Leica 900CS (TABELA 16).

TABELA 16 - Especificações técnicas do GPS Leica 900CS.

Especificações técnicas do GPS Leica 900CS		
Receptor	Número de canais:	12 L1 + 12 L2
	Tempo necessário ao início da recepção do sinal:	30 segundos
	Memória interna 256 MB	
	Bateria interna Li-Ion	
	Capacidade de armazenamento de dados 256 MB (cartão CompactFlash)	
Antena	Modelo: ATX900CS	
Acurácia	Horizontal: estático	5 mm + 0,5 ppm
	Horizontal: cinemático	10 mm + 1 ppm
	Vertical: estático	10 mm + 0,5 ppm
	Vertical: cinemático	20 mm + 1 ppm
Precisão	Fase da onda portadora em L1:	0,2 mm rms
	Fase da onda portadora em L2:	0,2 mm rms
	Código C/A (pseudodistância) em L1:	2 cm rms
	Código C/A (pseudodistância) em L2:	2 cm rms

FONTE: LEICA (2008).

Para a execução dos levantamentos Diferenciais GPS NTRIP foi utilizado o equipamento GPS Leica RX1250Xc (TABELA 17). Para o devido funcionamento do equipamento em questão, ainda foram necessários à utilização de 01 aparelho de telefonia móvel marca Samsung, modelo GT-E2220 e 01 chip pré-pago da operadora VIVO.

TABELA 17 - Especificações técnicas do GPS Leica RX1250Xc (NTRIP).

Especificações técnicas do GPS Leica RX1250Xc (NTRIP)		
Receptor	Capacidade de armazenamento de dados 256 MB (cartão CompactFlash)	
	Bateria interna Li-Ion (12 h duração)	
	Tempo necessário ao início da recepção do sinal:	8 segundos
	Comunicação receptor-antena com Bluetooth	
	Número de canais:	12 L1 + 12 L2
Antena	Modelo: AX1203+	
Acurácia	Código diferencial:	25 cm
	Fase diferencial estático horizontal (pós-processada):	05 mm + 0,5 ppm
	Fase diferencial estático vertical (pós-processada):	10 mm + 0,5 ppm
	Fase diferencial móvel horizontal (pós-processada):	10 mm + 1 ppm
	Fase diferencial móvel vertical (pós-processada):	20 mm + 1 ppm
	Fase diferencial estático horizontal (tempo real):	05 mm + 0,5 ppm
	Fase diferencial estático vertical (tempo real):	10 mm + 0,5 ppm
	Fase diferencial móvel horizontal (tempo real):	10 mm + 1 ppm
	Fase diferencial móvel vertical (tempo real):	20 mm + 1 ppm
Precisão	Fase da onda portadora em L1:	0,2 mm rms
	Fase da onda portadora em L2:	0,2 mm rms
	Código C/A (pseudodistância) em L1:	2 cm rms
	Código C/A (pseudodistância) em L2:	2 cm rms

FONTE: LEICA (2008).

Os levantamentos Diferenciais GPS RTK foram realizados utilizando-se o equipamento GPS Leica GX1230GG e o rádio Pacific Crest PDL4535 (TABELA 18).

De acordo com LEICA GEOSYSTEMS AG (2008), a precisão das coordenadas provenientes dos equipamentos GPS diferenciais depende de vários fatores, como número de satélites rastreados, geometria da constelação, hora da observação, precisão das efemérides utilizadas, perturbação ionosférica, e resolução de ambiguidades.

O equipamento rádio Pacific Crest PDL, utilizado na transmissão das correções diferenciais pela técnica RTK, funciona com a modulação GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*), onde os dados são inseridos na fase da portadora, permitindo a utilização de amplificadores mais simples, obtendo um sinal constante e sem

interferência. O alcance de um equipamento rádio é determinado por vários fatores, como tipo, tamanho e posicionamento da antena, eficiência do receptor em sua função, potência do equipamento, entre outros.

TABELA 18 - Especificações técnicas do GPS Leica GX1230GG (RTK).

Especificações técnicas do GPS Leica GX1230GG (RTK)		
Receptor	Capacidade de armazenamento de dados 256 MB (cartão CompactFlash)	
	Memória interna 256 MB	
	Tempo necessário ao início da recepção do sinal:	8 segundos
	Bateria interna Li-Ion	
	Número de canais:	12 L1 + 12 L2
Antena	Modelo: AX1202GG	
Acurácia	Código diferencial:	25 cm
	Fase diferencial estático horizontal (pós-processada):	05 mm + 0,5 ppm
	Fase diferencial estático vertical (pós-processada):	10 mm + 0,5 ppm
	Fase diferencial móvel horizontal (pós-processada):	10 mm + 1 ppm
	Fase diferencial móvel vertical (pós-processada):	20 mm + 1 ppm
	Fase diferencial estático horizontal (tempo real):	05 mm + 0,5 ppm
	Fase diferencial estático vertical (tempo real):	10 mm + 0,5 ppm
	Fase diferencial móvel horizontal (tempo real):	10 mm + 1 ppm
	Fase diferencial móvel vertical (tempo real):	20 mm + 1 ppm
Precisão	Fase da onda portadora em L1:	0,2 mm rms
	Fase da onda portadora em L2:	0,2 mm rms
	Código C/A (pseudodistância) em L1:	2 cm rms
	Código C/A (pseudodistância) em L2:	2 cm rms
Rádio	Fabricante	Pacific Crest
	Modelo	PDL4535
	Frequência	25 kHz/12,5 kHz
	Potência (nominal)	2 Watts - 35 Watts
	Modulação	GSMK/Four-level FSK
	Alcance	40 km
	Tipo de visada	Direta
	Taxa de transmissão de dados	9600/4800 bps

FONTE: LEICA (2008).

Para a realização dos levantamentos Diferenciais GPS RTG foi utilizado o equipamento GPS C-Nav3050 (TABELA 19).

TABELA 19 - Especificações técnicas do GPS C-Nav3050.

Especificações técnicas do GPS C-Nav3050		
Receptor	66 canais (GPS, GLONASS e SBAS)	
	Taxa de gravação dos dados	≤ 1Hz até 100 Hz
	Tempo necessário ao início da recepção do sinal:	2 segundos
	Memória interna tipo Flash	
Antena	Modelo: NCT-ANT3001R	
Precisão	técnica RTK	< 1 cm
	Com correções SBAS:	< 30 cm (2D)
	Serviço de assinatura C-Nav:	< 5 cm

FONTE: C-NAV WORLD DGNSS.

O nivelamento geométrico de visadas iguais utilizado no Experimento 03 foi realizado com o equipamento Nível Leica Sprinter 100 (TABELA 20).

TABELA 20 - Especificações técnicas do Nível Leica Sprinter 100.

Especificações técnicas do Nível Leica Sprinter 100	
Precisão em distância	Desvio Padrão em altimetria por cada 1 km de duplo nivelamento: 2,0 mm (precisão alta de acordo com a ABNT)
Precisão planimétrica	Desvio Padrão na medição de distância: 10 mm para $D \leq 10$ m e Distância em m $\times 0,001$ para $D > 10$ m
Alimentação	Bateria interna AA
Capacidade de armazenamento de dados	500 pontos
Distância mínima do foco ótico	50cm
Alcance (medições eletrônicas)	2 m – 80 m (de 0,5 m – alcance óptico)
Modos de medição	Simplex e tracking
Tempos por medição única	< 3 seg
Compensador	Estabilizador magnético
	Alcance de compensação: $\pm 10'$
	Precisão: 0.8"

FONTE: LEICA (2004).

Além desses equipamentos, vários outros materiais de similar importância aos levantamentos de campo foram utilizados, como miras topográficas, tripés topográficos, bastões com nível bolha, bipés topográficos, baterias reservas,

carregador de baterias, cartões de memória CompactFlash de 256 MB, piquetes, trenas, notebooks, cabos para transferência de dados, cadernetas de anotações, pranchetas para anotações e câmera fotográfica.

Foram ainda utilizados nesta pesquisa o *software Leica Geo Office 7.0* para o processamento dos dados GNSS, o *software LibreOffice Calc* para a realização de tabulações, análises das observações e análises estatísticas, e os softwares *Google Earth*, *QGIS 2.10* e *ArcGIS 10* para a realização das análises espaciais.

3.3 MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GPS UTILIZADOS

Foram utilizados os Métodos de Posicionamento Relativo Estático e Cinemático para a determinação das coordenadas geodésicas adotadas como padrão das feições a serem posteriormente determinadas pelos Métodos de Posicionamento Diferenciais GPS. Tais conceitos estão descritos na seção 2.2.2. A coleta desses dados foi executada por meio de receptores GNSS modelo Leica 900CS (seção 3.2, TABELA 16).

O Método de Posicionamento Diferencial foi utilizado visando à determinação das coordenadas geodésicas em tempo real com o emprego dos equipamentos que possibilitam efetuar o RTK, NTRIP e RTG, e constituem os métodos que se deseja avaliar a precisão e a acurácia na presente pesquisa. O conceito de posicionamento diferencial encontra-se na seção 2.2.2.

Para os levantamentos utilizando o equipamento Diferencial GPS NTRIP utilizou-se as correções diferenciais enviadas da estação da RBMC-IP RIOD, do IBGE, que dista aproximadamente 19,6 km da área de estudo, pois não foi possível estabelecer conexão com a estação do Observatório Nacional (RBMC-IP ONRJ), que estava mais próxima da área em questão (aproximadamente 9,7 km). Para a escolha da operadora de telefonia celular a ser utilizada, foi efetuada uma pesquisa sumária com os integrantes do CHM acerca de qual empresa apresentava melhor qualidade de sinal na região, optando-se então pela operadora VIVO (FIGURA 13).



FIGURA 13 – Localização das RBMC-IP mais próximas da área de estudo.

FONTE: Google Earth (2015).

Utilizou-se ainda como estação base para os levantamentos relativo estático, relativo cinemático e Diferencial GPS RTK, um ponto (FIGURA 14) situado no terraço de uma construção de 03 andares localizada centralmente à Área de Estudo DHN (FIGURA 15). Esta estação permaneceu rastreando com o equipamento GPS Leica GX1230GG (RTK) (TABELA 18) durante todo o período em que foram efetuados os demais levantamentos, com um intervalo de gravação de 1 segundo e uma máscara de obstruções de 10°.



FIGURA 14 – Localização da antena do rádio (fotografia da esquerda) e da antena do receptor GPS RTK BASE (fotografia da direita).

FONTE: O autor (2015).

As coordenadas da Estação Base (estação de referência para o RTK, para o MPRE e para o MPRC) foram obtidas através da ficha F21-1515-025/2000 (Estação MT RACAL BNDO), do CHM (MB) (TABELA 21):

TABELA 21 – Coordenadas geodésicas da Estação Base (SIRGAS2000).

Estação Base (de referência)		
	Coord. Geodésicas	Precisão (m)
Latitude	22° 53' 05,24550" S	0,051
Longitude	43° 07' 58,49390" W	0,051
Altitude Elipsoidal	5,1810 m	0,144

FONTE: Ficha F21-1515-025/200 (2015).

De acordo com a TABELA 22, pode-se verificar as datas das realizações dos levantamentos GNSS pela Estação Base (de referência), utilizada tanto para o MPRE e o MPRC, como para o RTK.

TABELA 22 – Data dos levantamentos realizados pela Estação Base (de referência).

Levantamentos da Estação de referência			
Dia	Semana GPS	Dia GPS	Dia GPS no ano
29/07/2015	1855	3	210
30/07/2015	1855	4	211
31/07/2015	1855	5	212

FONTE: O autor (2015).

3.4 LEVANTAMENTO DOS DADOS EM CAMPO

Os dados foram coletados em campo pela equipe de pesquisadores da UFPR levando em consideração a metodologia apresentada no presente trabalho. Os levantamentos de campo, realizados em julho de 2015, foram divididos em quatro experimentos, conforme apresentado na TABELA 23:

TABELA 23 – Descrição dos experimentos de campo.

Descrição dos experimentos		
Denominação	Método de Posicionamento	Experimento
01	Estático	Análise de coordenadas geodésicas de pontos
02	Cinemático	Análise de linhas
03	Estático	Análise de desníveis de um perfil
04	Cinemático	Análise de área e de perfis longitudinal e transversal da praia a partir de MDT

FONTE: O autor (2015).

3.4.1 Análise de coordenadas geodésicas de pontos (Experimento 01)

O Experimento 01 consistiu na determinação das coordenadas geodésicas de 10 pontos (FIGURA 15), por meio do Método de Posicionamento Relativo Estático

(MPRE) (coordenadas consideradas padrão para o experimento). Subsequentemente, foram determinadas das coordenadas geodésicas destes mesmos pontos utilizando os Métodos de Posicionamento Diferenciais GPS com os equipamentos RTK, NTRIP e RTG, visando a análise do erro, da precisão e da acurácia dos mesmo em relação às coordenadas padrão.



FIGURA 15 – Localização aproximada dos 10 pontos do experimento 01.

FONTE: Adaptado do Google Earth (2015).

Os pontos foram selecionados dentro da área do Complexo Naval da Ponta da Armação (FIGURA 15), e foram agrupados de acordo com as obstruções existentes em seu entorno, sendo que dos 10 pontos: 05 foram classificados como limpos, 02 foram classificados como obstruídos e 03 foram classificados como parcialmente obstruídos. Dessa forma foi possível avaliar estes posicionamentos sob a ação de diferentes entornos (TABELA 24).

TABELA 24 - Classificação quanto ao entorno dos pontos.

Classificação quanto ao entorno dos pontos	
Entorno dos pontos	Pontos
Limpos ou desobstruídos	01, 02, 04, 05, 10
Parcialmente obstruído	06, 08, 09
Obstruídos	03, 07

FONTE: O autor (2015).

Os 10 pontos também foram selecionados utilizando-se preferencialmente placas já existentes dentro do Complexo Naval da Ponta da Armação, e quando os mesmos não existiam foram utilizados piquetes com a mesma finalidade (totalizando 07 chapas e 03 piquetes).

A configuração dos equipamentos foi efetuada previamente à realização do levantamento de campo, utilizando para tal as especificações técnicas previstas na metodologia do presente estudo (TABELA 25).

TABELA 25 - Especificações técnicas para a coleta de dados.

Especificações técnicas para a coleta de dados					
Especificações	MPRE	RTK Base	RTK Rover	RTG	NTRIP
Tempo de rastreo mínimo	4 horas	Todo rastreo	10 min	10 min	10 min
Intervalo de gravação dados	1 seg	1 seg	1 seg	1 seg	1 seg
Máscara de elevação	10°	10°	10°	10°	10°
Observáveis por minuto	60	60	60	60	60
Receptores	Leica 900CSC	Leica GX1230GG	Leica GX1230GG	C-Nav3050	Leica RX1250
Antenas	ATX900CS	AX1202	AX1202	ANT3001R	AX1203

FONTE: O autor (2015).

Os levantamentos utilizando os Métodos de Posicionamento Diferencial (RTK, NTRIP e RTG) foram realizados a partir de 02 ocupações em cada ponto, com 10 minutos de duração cada, sendo uma pela manhã e uma pela tarde, visando avaliar os resultados dos rastreios em relação a diferentes constelações observadas. Os diferentes métodos de posicionamento em tempo real foram efetuados

sequencialmente, procurando-se obter a mesma constelação nos rastreios efetuados durante o mesmo período de observação. As atividades empreendidas nos levantamentos de campo do Experimento 01 estão estruturadas de acordo com o esquema da FIGURA 16.

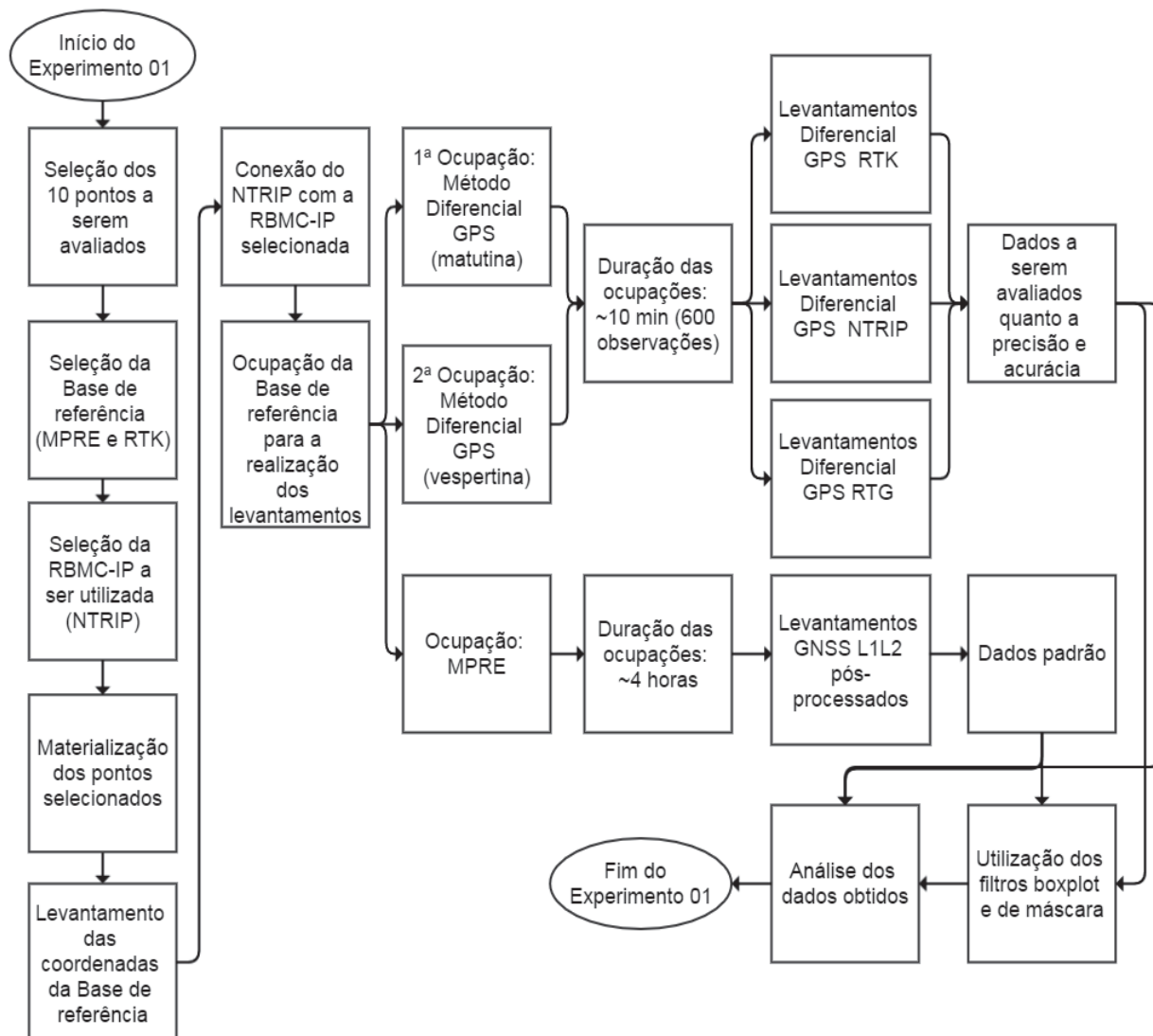


FIGURA 16 – Esquema da descrição das atividades do experimento 01.

FONTE: O Autor (2015).

As linhas de base entre os pontos e a Estação Base estão indicadas na TABELA 26, assim como as datas, os horários de início e de término dos rastreios, e a duração de cada um, no que se refere aos levantamentos MPRE.

TABELA 26 - Linhas de base e duração dos levantamentos MPRE - Experimento 01.

Linhas de base e duração dos levantamentos MPRE - Experimento 01					
Pontos	Distâncias	Início (data/hora)	Término (data/hora)	Duração	Base
PE01	323,9826 m	29/07/2015 11:06:40	29/07/2015 14:12:56	03h 06m 16s	Est. Base
PE02	388,7786 m	29/07/2015 11:07:46	29/07/2015 14:18:32	03h 10m 46s	Est. Base
PE03	451,6423 m	29/07/2015 11:24:00	29/07/2015 14:22:04	02h 58m 04s	Est. Base
PE04	9541,4689 m	28/07/2015 15:00:13	28/07/2015 18:34:13	03h 34m 00s	ONRJ
PE05	125,2603 m	30/07/2015 16:20:03	30/07/2015 19:47:34	03h 27m 31s	Est. Base
PE06	259,4835 m	30/07/2015 15:42:47	30/07/2015 18:39:46	02h 56m 59s	Est. Base
PE07	266,4313 m	30/07/2015 10:41:54	30/07/2015 14:00:45	03h 18m 51s	Est. Base
PE08	118,9724 m	31/07/2015 08:17:10	31/07/2015 11:01:56	02h 44m 46s	Est. Base
PE09	9340,6630 m	28/07/2015 15:24:58	28/07/2015 18:28:13	03h 03m 15s	ONRJ
PE10	161,2122 m	31/07/2015 15:04:05	31/07/2015 17:52:49	02h 48m 44s	Est. Base

FONTE: O Autor (2015).

Na TABELA 27, TABELA 28 e TABELA 29 pode-se verificar a data da realização, o início, o término e a duração de cada um dos levantamentos Diferenciais GPS do Experimento 01.

TABELA 27 – Duração dos levantamentos RTK - Experimento 01.

Duração dos levantamentos RTK - Experimento 01			
Levantamento	Ínicio (data/hora)	Término (data/hora)	Duração
PE01 - 01 - RTK	29/07/2015 09:38:06	29/07/2015 09:52:41	14m 35s
PE01 - 02 - RTK	30/07/2015 16:30:53	30/07/2015 16:58:34	27m 41s
PE02 - 01 - RTK	29/07/2015 10:34:04	29/07/2015 10:50:43	16m 39s
PE02 - 02 - RTK	30/07/2015 17:23:58	30/07/2015 17:42:14	18m 16s
PE03 - 01 - RTK	29/07/2015 10:58:05	29/07/2015 11:16:47	18m 42s
PE03 - 02 - RTK	30/07/2015 17:09:52	30/07/2015 17:20:01	10m 09s
PE04 - 01 - RTK	29/07/2015 16:23:51	29/07/2015 16:44:17	20m 26s
PE04 - 02 - RTK	30/07/2015 13:31:35	30/07/2015 13:58:09	26m 34s
PE05 - 01 - RTK	29/07/2015 16:53:32	29/07/2015 17:06:52	13m 20s
PE05 - 02 - RTK	30/07/2015 14:42:53	30/07/2015 14:56:11	13m 18s
PE06 - 01 - RTK	29/07/2015 14:42:17	29/07/2015 14:58:09	15m 52s
PE06 - 02 - RTK	30/07/2015 10:35:47	30/07/2015 10:52:10	16m 23s
PE07 - 01 - RTK	29/07/2015 19:09:11	29/07/2015 19:20:23	11m 12s
PE07 - 02 - RTK	30/07/2015 09:24:44	30/07/2015 09:35:00	10m 16s
PE08 - 01 - RTK	29/07/2015 17:35:58	29/07/2015 17:46:11	10m 13s
PE08 - 02 - RTK	30/07/2015 14:02:59	30/07/2015 14:34:08	31m 09s
PE09 - 01 - RTK	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	30/07/2015 10:57:18	30/07/2015 11:14:18	17m 00s
PE10 - 01 - RTK	29/07/2015 14:22:16	29/07/2015 14:34:10	11m 54s
PE10 - 02 - RTK	30/07/2015 10:03:52	30/07/2015 10:28:25	24m 33s

FONTE: O Autor (2015).

TABELA 28 – Duração dos levantamentos NTRIP - Experimento 01.

Duração dos levantamentos NTRIP - Experimento 01			
Levantamento	Ínicio (data/hora)	Término (data/hora)	Duração
PE01 - 01 - NTRIP	29/07/2015 10:33:04	29/07/2015 10:50:40	17m 36s
PE01 - 02 - NTRIP	31/07/2015 08:50:40	31/07/2015 09:01:22	10m 42s
PE02 - 01 - NTRIP	29/07/2015 10:16:07	29/07/2015 10:26:51	10m 44s
PE02 - 02 - NTRIP	31/07/2015 08:34:53	31/07/2015 08:46:06	11m 13s
PE03 - 01 - NTRIP	29/07/2015 09:32:12	29/07/2015 09:53:14	21m 02s
PE03 - 02 - NTRIP	31/07/2015 08:21:02	31/07/2015 08:31:49	10m 47s
PE04 - 01 - NTRIP	29/07/2015 15:56:39	29/07/2015 16:07:34	10m 55s
PE04 - 02 - NTRIP	30/07/2015 14:45:29	30/07/2015 14:56:28	10m 59s
PE05 - 01 - NTRIP	29/07/2015 16:30:05	29/07/2015 16:40:47	10m 42s
PE05 - 02 - NTRIP	30/07/2015 14:24:07	30/07/2015 14:34:57	10m 50s
PE06 - 01 - NTRIP	29/07/2015 15:07:32	29/07/2015 15:20:38	13m 06s
PE06 - 02 - NTRIP	30/07/2015 10:59:38	30/07/2015 11:14:50	15m 12s
PE07 - 01 - NTRIP	29/07/2015 18:42:47	29/07/2015 19:06:58	24m 11s
PE07 - 02 - NTRIP	30/07/2015 08:51:32	30/07/2015 09:03:57	12m 25s
PE08 - 01 - NTRIP	29/07/2015 16:55:33	29/07/2015 17:06:18	10m 45s
PE08 - 02 - NTRIP	30/07/2015 13:28:03	30/07/2015 13:58:14	30m 11s
PE09 - 01 - NTRIP	29/07/2015 14:20:04	29/07/2015 14:34:54	14m 50s
PE09 - 02 - NTRIP	30/07/2015 10:17:15	30/07/2015 10:27:34	10m 19s
PE10 - 01 - NTRIP	29/07/2015 14:47:08	29/07/2015 14:58:23	11m 15s
PE10 - 02 - NTRIP	30/07/2015 10:41:52	30/07/2015 10:52:34	10m 42s

FONTE: O Autor (2015).

TABELA 29 – Duração dos levantamentos RTG - Experimento 01.

Duração dos levantamentos RTG - Experimento 01					
Levantamento	Ínicio (data/hora)		Término (data/hora)		Duração
PE01 - 01 - RTG	29/07/2015	13:10:58	29/07/2015	13:26:36	15m 38s
PE01 - 02 - RTG	30/07/2015	20:31:16	30/07/2015	20:41:42	10m 26s
PE02 - 01 - RTG	29/07/2015	12:41:03	29/07/2015	12:54:28	13m 25s
PE02 - 02 - RTG	30/07/2015	20:07:28	30/07/2015	20:21:21	13m 53s
PE03 - 01 - RTG	29/07/2015	13:39:38	29/07/2015	13:48:43	09m 05s
PE03 - 02 - RTG	30/07/2015	19:36:37	30/07/2015	20:00:03	23m 26s
PE04 - 01 - RTG	29/07/2015	19:51:22	29/07/2015	20:06:51	15m 29s
PE04 - 02 - RTG	30/07/2015	22:11:09	30/07/2015	22:21:56	10m 47s
PE05 - 01 - RTG	29/07/2015	18:55:32	29/07/2015	19:07:51	12m 19s
PE05 - 02 - RTG	30/07/2015	16:48:20	30/07/2015	17:08:17	19m 57s
PE06 - 01 - RTG	29/07/2015	17:21:02	29/07/2015	17:34:51	13m 49s
PE06 - 02 - RTG	30/07/2015	13:05:00	30/07/2015	13:27:10	22m 10s
PE07 - 01 - RTG	29/07/2015	21:41:25	29/07/2015	21:53:19	11m 54s
PE07 - 02 - RTG	30/07/2015	12:07:05	30/07/2015	12:16:37	09m 32s
PE08 - 01 - RTG	29/07/2015	20:21:56	29/07/2015	20:32:11	10m 15s
PE08 - 02 - RTG	30/07/2015	22:27:08	30/07/2015	22:38:38	11m 30s
PE09 - 01 - RTG	29/07/2015	17:40:49	29/07/2015	17:59:36	18m 47s
PE09 - 02 - RTG	30/07/2015	13:33:25	30/07/2015	13:54:57	21m 32s
PE10 - 01 - RTG	29/07/2015	18:09:41	29/07/2015	18:20:46	11m 05s
PE10 - 02 - RTG	30/07/2015	14:04:15	30/07/2015	14:17:34	13m 19s

FONTE: O Autor (2015).

3.4.2 Análise de linhas (Experimento 02)

O Experimento 02 consistiu no levantamento de linhas (materializadas) existentes dentro da área de estudo utilizando-se o MPRC e os Métodos Diferenciais GPS (seção 3.5). O local selecionados para a realização das linhas (linha sem obstruções) foi a Praia do Cais (FIGURA 17).



FIGURA 17 – Praia do Cais – Local de realização das linhas (sem obstruções).

FONTE: Google Earth (2015).

As coordenadas padrão foram obtidas através de rastreamento utilizando o Método de Posicionamento Relativo Cinemático, e a determinação das coordenadas a serem avaliadas foram obtidas utilizando-se os Métodos de Posicionamento Diferenciais GPS (RTK, NTRIP e RTG).

As atividades referentes ao Experimento 02 foram estruturadas conforme o esquema apresentado na sequência (FIGURA 18).

Para a realização dos levantamentos, foram instalados sobre uma posição inicial previamente escolhida todos os receptores GNSS (MPRC, RTK, RTG e NTRIP). Após transcorrer o período de inicialização necessário para o MPRC, todos os equipamentos/pesquisadores deslocaram-se sobre as linhas definidas (FIGURA 19) em fila indiana, com uma distância média de 1 metro entre cada um (FIGURA 19). O

experimento foi repetido 02 vezes para cada linha, sendo a primeira repetição realizada à tarde e a segunda à noite. O objetivo da repetição em diferentes horários foi para que os resultados dos rastreios em relação às diferentes constelações GNSS observadas fossem avaliados.

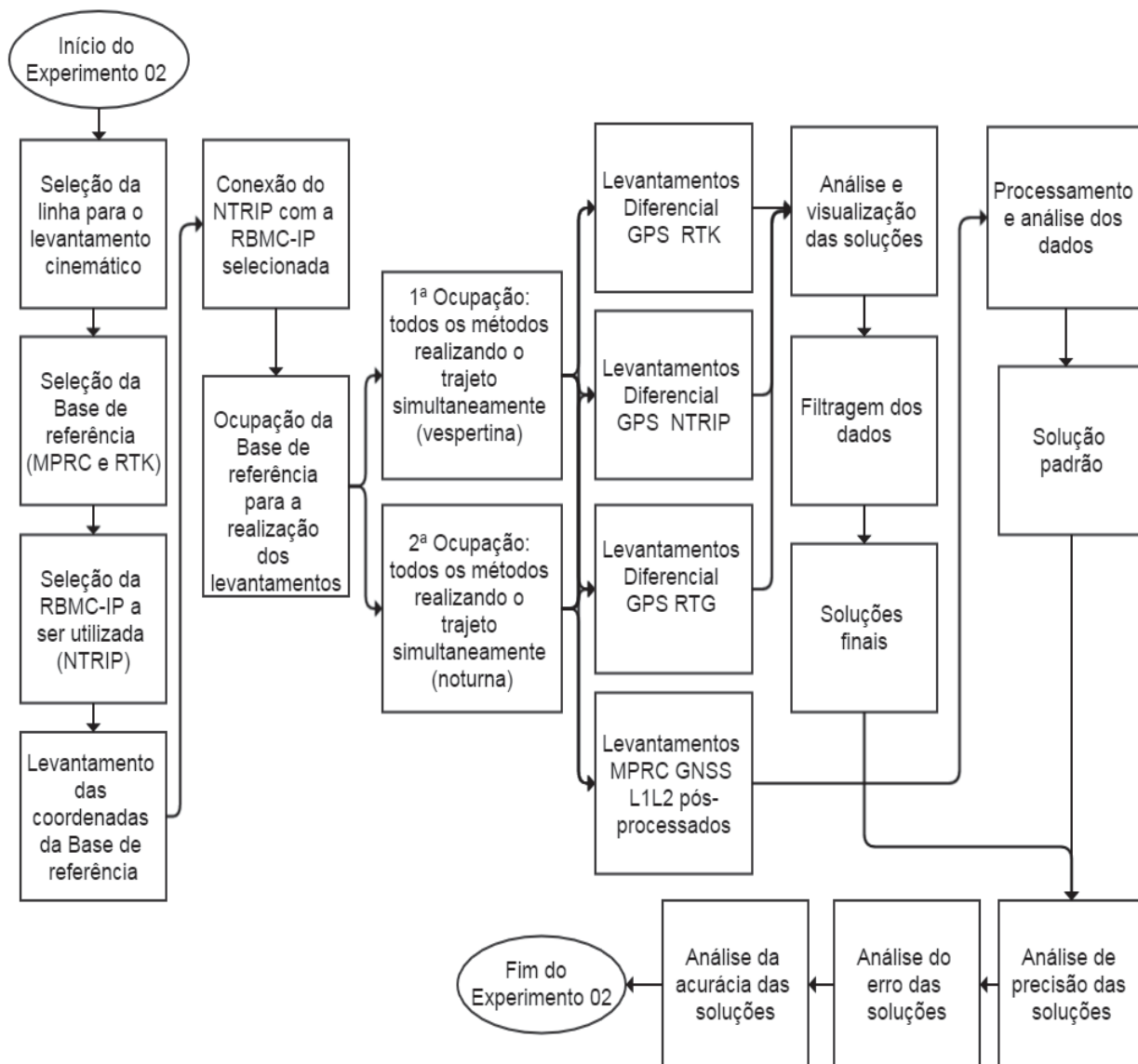


FIGURA 18 – Esquema das atividades desenvolvidas no experimento 02.

FONTE: O autor (2015).



FIGURA 19 – Equipe de pesquisadores realizando o rastreo cinemático simultâneo com os diferentes tipos de equipamentos utilizados no experimento.

FONTE: O autor (2015).

Os equipamentos foram configurados com intervalo de gravação de dados de 1 segundo e máscara de elevação de 10° , conforme indicado na TABELA 30.

TABELA 30 - Configuração dos equipamentos GPS para a realização do Experimento 02.

Configuração dos equipamentos GPS para a realização do Experimento 02		
Modelo do receptor GPS aplicando a técnica RTK		Leica GX1230GG
Modelo do receptor GPS aplicando a técnica NTRIP		Leica RX1250Xc
Modelo do receptor GPS aplicando a técnica RTG		C-Nav3050
Modelo do receptor GPS utilizando o MPRC		Leica RX900CSC
Precisão informada pela literatura	técnica RTK	1cm+1ppm (horizontal) e 2cm+2ppm (vertical)
	técnica NTRIP	1cm+1ppm
	técnica RTG	5cm (horizontal) e 15cm (vertical)
	MPRC	1 a 10 ppm
Tipo de equipamentos GPS utilizados		L1+L2
Intervalo de gravação dos dados		1 segundo
Máscara de elevação dos satélites		10°
Período de inicialização para o MPRC		Aproximadamente 5 minutos

FONTE: O autor (2015).

As distâncias entre a Estação Base, tanto no início como no fim dos trajetos estão indicadas na TABELA 31, assim como as datas dos levantamentos, seus horários de início e de término, suas durações, número de observações do MPRC, no que se referem aos levantamentos simultâneos realizados para a determinação da linha de costa.

TABELA 31 – Dados dos levantamentos da linha de costa sem obstruções referentes ao Experimento 02.

Levantamentos da linha de costa sem obstruções		
	Matutino	Vespertino
Comp E do início	691397,6918 m	691399,9340 m
Comp N do início	7468174,5435 m	7468172,7492 m
Alt Elipsoidal do início	-4.4613 m	-4.4406 m
Distância início	202,0931 m	199,2801 m
Início	29/07/2015 13:57	29/07/2015 19:42
Comp E do término	691377,2739 m	691398,5281 m
Comp N do término	7468202,8633 m	7468176,4644 m
Alt Elipsoidal do término	-4.3503 m	-4.4052 m
Distância término	236,8842 m	203,0309 m
Término	29/07/2015 14:07	29/07/2015 19:53
Duração	9' 42"	12' 51"
Número de observações (MPRC)	583	645

FONTE: O autor (2015).

3.4.3 Análise de desníveis em um perfil (Experimento 03)

O Experimento 03 foi executado numa área situada próxima à cancela de entrada da DHN (FIGURA 20). Esta área apresenta um índice mediano de arborização a noroeste, o que pode representar algum obstáculo para a observação de satélites naquele setor por parte dos equipamentos Diferencial GPS a serem testados. Nesta área foi materializada uma linha de nivelamento composta de 08 piquetes, com extensão de aproximadamente 12 m e com um desnível da ordem de 7 m.

Os desníveis entre os piquetes considerados padrão foram obtidos por meio de um nivelamento geométrico de visadas iguais de acordo com a NBR13133-classelIN (Norma Brasileira de Execução de Levantamentos Topográficos) (NBR13133,1994) (FIGURA 21). O erro permitido na realização desse nivelamento geométrico foi de 20

mm vezes a raiz quadrada de k , sendo k a distância média do nivelamento e do contranivelamento em quilômetros (NBR13133).



FIGURA 20 – Local selecionado para a realização do perfil do terreno (Experimento 03).

FONTE: Adaptado do Google Earth (2015).



FIGURA 21 – Levantamentos GPS (à esquerda) e geométrico (à direita) do Experimento 03.

FONTE: O autor (2015).

Foi realizado também um rastreo GPS utilizando o Método de Posicionamento Relativo Estático Rápido (MPRER) em cada um dos 08 piquetes que compõem o perfil

do terreno em estudo, utilizando o intervalo de gravação dos dados igual a 01 segundo, máscara de elevação de 10°, e um tempo de ocupação aproximado de 5 minutos. A estação base empregada está indicada na seção 3.5, e pode ser visualizada na Figura 09, sendo que ela dista cerca de 460 m deste perfil. Esses 08 pontos, por estarem próximos da base do método relativo, foram processados duas vezes, utilizando no primeiro processamento apenas a frequência L1, e no segundo processamento as frequências L1 e L2.

As coordenadas geodésicas destes piquetes, também foram obtidas por meio dos Métodos de Posicionamento Diferenciais GPS (RTK, NTRIP e RTG). Sendo que as diferenças das altitudes geométricas entre os piquetes serão avaliadas com os desníveis (padrão). Foram efetuadas 02 ocupações (matutina e vespertina), visando o rastreo sob diferentes constelações de satélites, com duração aproximada de 5 minutos para cada período e para cada método diferencial (TABELA 32).

TABELA 32 - Configuração dos equipamentos GPS para a realização do Experimento 03.

Configuração dos equipamentos GPS para a realização do Experimento 03		
Modelo do receptor GPS aplicando a técnica RTK		Leica GX1230GG
Modelo do receptor GPS aplicando a técnica NTRIP		Leica RX1250Xc
Modelo do receptor GPS aplicando a técnica RTG		C-Nav3050
Modelo do nível utilizado		Leica Sprinter 100
Precisão informada pela literatura	técnica RTK	1cm+1ppm (horizontal) e 2cm+2ppm (vertical)
	técnica NTRIP	1cm+1ppm
	técnica RTG	5cm (horizontal) e 15cm (vertical)
	Nível	10 mm para D ≤ 10 m
Tipo de equipamentos GPS utilizados		L1+L2
Intervalo de gravação dos dados		1 segundo
Máscara de elevação dos satélites		10°
Tempo de coleta de dados por ocupação		Aproximadamente 5 minutos

FONTE: O autor (2015).

As atividades referentes ao Experimento 03 foram estruturadas conforme o esquema apresentado na sequência (FIGURA 22).

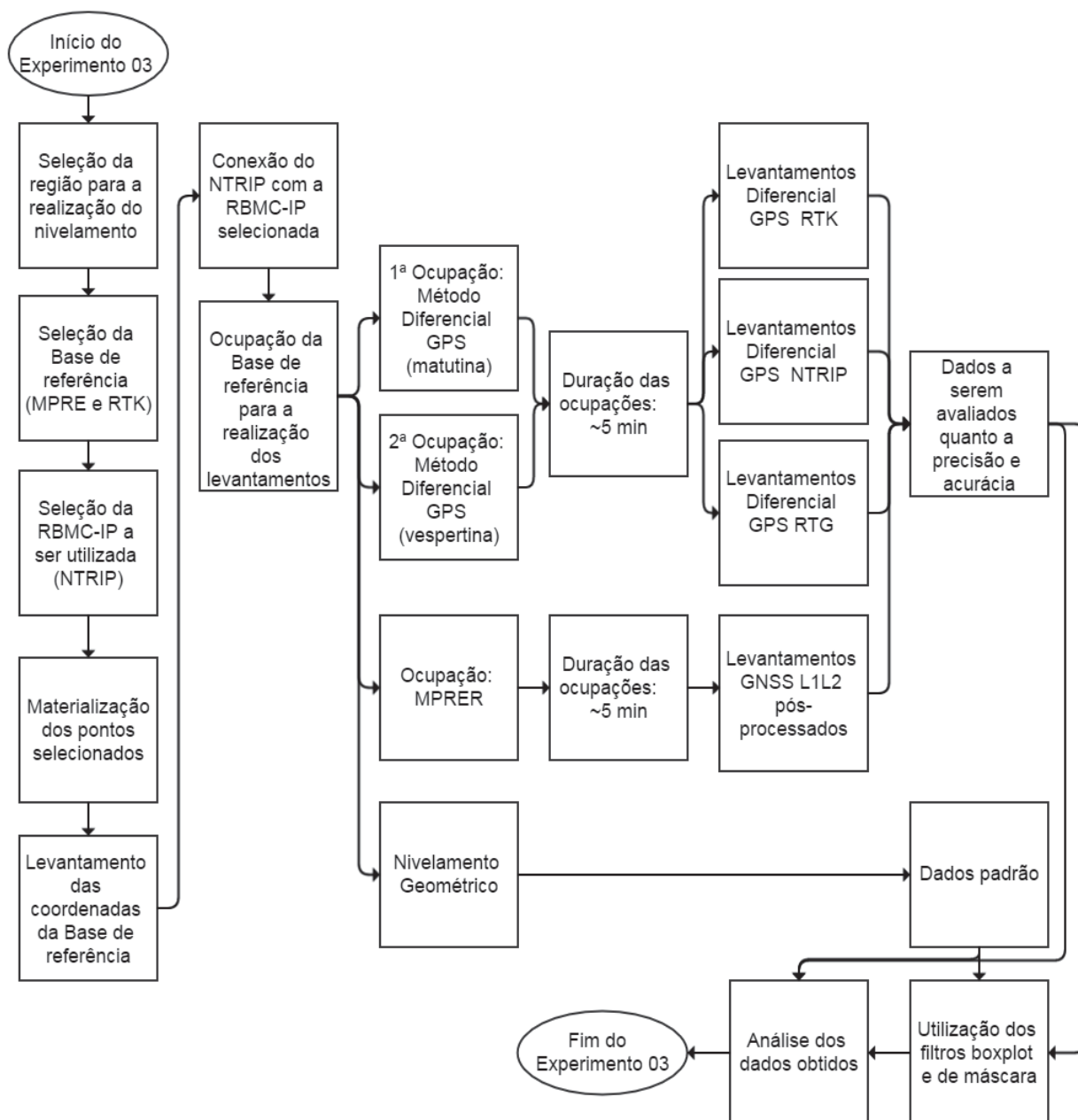


FIGURA 22 – Esquema das atividades desenvolvidas no Experimento 03.

FONTE: O autor (2015).

Estão indicadas na TABELA 33 as linhas de base entre os piquetes e a Estação Base, assim como as datas, os horários de início e de término dos rastreios, e a duração de cada um, no que se refere aos levantamentos MPRE.

TABELA 33 – Linha de base e duração dos levantamentos MPREER - Experimento 03.

Linha de base e duração dos levantamentos MPREER - Experimento 03				
Piquetes	Distância	Início matutino (data / hora)	Término matutino (data / hora)	Duração
PF1	460,4470 m	31/07/2015 11:34:10	31/07/2015 11:39:35	5m 25s
PF2	465,4281 m	31/07/2015 09:20:30	31/07/2015 09:32:10	11m 40s
PF3	470,6559 m	31/07/2015 09:37:11	31/07/2015 09:42:36	5m 25s
PF4	469,0322 m	31/07/2015 09:49:19	31/07/2015 09:54:33	5m 14s
PF5	473,2746 m	31/07/2015 10:01:13	31/07/2015 10:06:44	5m 31s
PF6	471,9831 m	31/07/2015 10:53:10	31/07/2015 10:59:07	5m 57s
PF7	475,4960 m	31/07/2015 11:10:23	31/07/2015 11:16:42	6m 19s
PF8	474,8580 m	31/07/2015 11:23:10	31/07/2015 11:28:36	5m 26s

FONTE: O autor (2015).

Pode-se verificar na TABELA 34, TABELA 34 e TABELA 36, a data da realização, o início, o término e a duração de cada um dos levantamentos Diferenciais GPS do Experimento 03.

TABELA 34 – Duração dos levantamentos RTK - Experimento 03.

Duração dos levantamentos RTK - Experimento 03			
Piquetes	Início (data / hora)	Término (data / hora)	Duração
PF01 - 01 - RTK	31/07/2015 11:34:10	31/07/2015 11:39:35	5m 25s
PF01 - 02 - RTK	31/07/2015 16:20:10	31/07/2015 16:37:55	17m 45s
PF02 - 01 - RTK	31/07/2015 09:20:30	31/07/2015 09:32:10	11m 40s
PF02 - 02 - RTK	31/07/2015 16:11:32	31/07/2015 16:17:29	5m 57s
PF03 - 01 - RTK	31/07/2015 09:37:11	31/07/2015 09:42:36	5m 25s
PF03 - 02 - RTK	31/07/2015 16:00:53	31/07/2015 16:10:54	10m 01s
PF04 - 01 - RTK	31/07/2015 09:49:19	31/07/2015 09:54:33	5m 14s
PF04 - 02 - RTK	31/07/2015 15:49:57	31/07/2015 16:00:10	10m 13s
PF05 - 01 - RTK	31/07/2015 10:01:13	31/07/2015 10:06:44	5m 31s
PF05 - 02 - RTK	31/07/2015 15:36:59	31/07/2015 15:43:13	6m 14s
PF06 - 01 - RTK	31/07/2015 10:53:53	31/07/2015 10:59:07	5m 14s
PF06 - 02 - RTK	31/07/2015 15:16:12	31/07/2015 15:27:32	11m 20s
PF07 - 01 - RTK	31/07/2015 11:10:23	31/07/2015 11:16:42	6m 19s
PF07 - 02 - RTK	31/07/2015 17:04:52	31/07/2015 17:13:02	8m 10s
PF08 - 01 - RTK	31/07/2015 11:23:10	31/07/2015 11:28:36	5m 26s
PF08 - 02 - RTK	31/07/2015 16:40:49	31/07/2015 16:46:13	5m 24s

FONTE: O autor (2015).

TABELA 35 – Duração dos levantamentos NTRIP - Experimento 03.

Duração dos levantamentos NTRIP - Experimento 03			
Piquetes	Ínicio (data / hora)	Término (data / hora)	Duração
PF01 - 01 - NTRIP	31/07/2015 11:21:55	31/07/2015 11:28:39	06m 44s
PF01 - 02 - NTRIP	31/07/2015 17:07:46	31/07/2015 17:13:01	05m 15s
PF02 - 01 - NTRIP	31/07/2015 11:33:05	31/07/2015 11:39:34	06m 29s
PF02 - 02 - NTRIP	31/07/2015 16:52:40	31/07/2015 17:07:06	14m 26s
PF03 - 01 - NTRIP	31/07/2015 09:25:09	31/07/2015 09:31:34	06m 25s
PF03 - 02 - NTRIP	31/07/2015 16:37:18	31/07/2015 16:43:51	06m 33s
PF04 - 01 - NTRIP	31/07/2015 09:34:34	31/07/2015 09:42:24	07m 50s
PF04 - 02 - NTRIP	31/07/2015 16:02:17	31/07/2015 16:08:05	05m 48s
PF05 - 01 - NTRIP	31/07/2015 09:47:43	31/07/2015 09:54:14	06m 31s
PF05 - 02 - NTRIP	31/07/2015 15:50:09	31/07/2015 15:55:46	05m 37s
PF06 - 01 - NTRIP	31/07/2015 10:00:24	31/07/2015 10:06:36	06m 12s
PF06 - 02 - NTRIP	31/07/2015 15:33:42	31/07/2015 15:42:46	09m 04s
PF07 - 01 - NTRIP	31/07/2015 10:53:13	31/07/2015 10:59:11	05m 58s
PF07 - 02 - NTRIP	31/07/2015 15:13:53	31/07/2015 15:27:48	13m 55s
PF08 - 01 - NTRIP	31/07/2015 11:06:18	31/07/2015 11:17:01	10m 43s
PF08 - 02 - NTRIP	31/07/2015 17:14:41	31/07/2015 17:20:36	05m 55s

FONTE: O autor (2015).

TABELA 36 – Duração dos levantamentos RTG - Experimento 03.

Duração dos levantamentos RTG - Experimento 03			
Piquetes	Ínicio (data / hora)	Término (data / hora)	Duração
PF01 - 01 - RTG	31/07/2015 12:23:59	31/07/2015 12:32:58	08m 59s
PF01 - 02 - RTG	31/07/2015 19:51:52	31/07/2015 20:02:11	10m 19s
PF02 - 01 - RTG	31/07/2015 12:36:31	31/07/2015 12:42:33	06m 02s
PF02 - 02 - RTG	31/07/2015 19:37:36	31/07/2015 19:46:21	08m 45s
PF03 - 01 - RTG	31/07/2015 12:48:27	31/07/2015 12:54:27	06m 00s
PF03 - 02 - RTG	31/07/2015 19:26:37	31/07/2015 19:33:23	06m 46s
PF04 - 01 - RTG	31/07/2015 13:00:01	31/07/2015 13:07:18	07m 17s
PF04 - 02 - RTG	31/07/2015 19:10:32	31/07/2015 19:16:41	06m 09s
PF05 - 01 - RTG	31/07/2015 13:53:29	31/07/2015 13:59:31	06m 02s
PF05 - 02 - RTG	31/07/2015 19:01:54	31/07/2015 19:08:05	06m 11s
PF06 - 01 - RTG	31/07/2015 14:05:51	31/07/2015 14:16:35	10m 44s
PF06 - 02 - RTG	31/07/2015 18:50:00	31/07/2015 18:56:42	06m 42s
PF07 - 01 - RTG	31/07/2015 14:22:56	31/07/2015 14:28:43	05m 47s
PF07 - 02 - RTG	31/07/2015 18:31:19	31/07/2015 18:42:59	11m 40s
PF08 - 01 - RTG	31/07/2015 14:31:00	31/07/2015 14:39:46	08m 46s
PF08 - 02 - RTG	31/07/2015 18:12:39	31/07/2015 18:28:03	15m 24s

FONTE: O autor (2015).

3.4.4 Análise de área e de perfis longitudinal e transversal da praia a partir de MDT (Experimento 04)

As atividades que envolveram o Experimento 04 foram desenvolvidas na Praia do Cais (FIGURA 23). Tais atividades tiveram o intuito de avaliar o cálculo da área e de perfis longitudinal e transversal da praia a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT), com o uso dos diferentes Métodos de Posicionamento Diferencial GPS empregados na pesquisa, em dois momentos específicos da mesma: durante o horário da maré alta e durante o horário da maré baixa. Tal experimento permitiu ainda a determinação da retrogradação e da progradação da área da praia, e o avanço e o recuo da linha de maré.



FIGURA 23 – Experimento 04 – Cálculo de área e de perfis longitudinal e transversal da praia a partir de MDT.

FONTE: O autor (2015).

A estação base do MPRC e do equipamento RTK foi a mesma utilizada nos experimentos anteriores e descrita na seção 3.3. Os horários das marés alta e baixa para o dia dos levantamentos foi verificado com a equipe do CHM.

Para a obtenção dos MDTs para obtenção dos perfis longitudinais e transversais da praia, foram realizadas seções transversais e seções longitudinais ao longo da praia (FIGURA 23), para a consecução de dados suficientes (superabundância de dados) para a construção de MDT o mais fidedigno possível em relação à localidade pesquisada. As atividades referentes aos cálculos dos perfis deste experimento foram estruturadas conforme o esquema indicado na FIGURA 24.

No esquema, verifica-se que foram realizados 02 levantamentos de perfis, denominados: levantamento das seções transversais e levantamento das seções longitudinais. Tais levantamentos foram feitos sequencialmente.

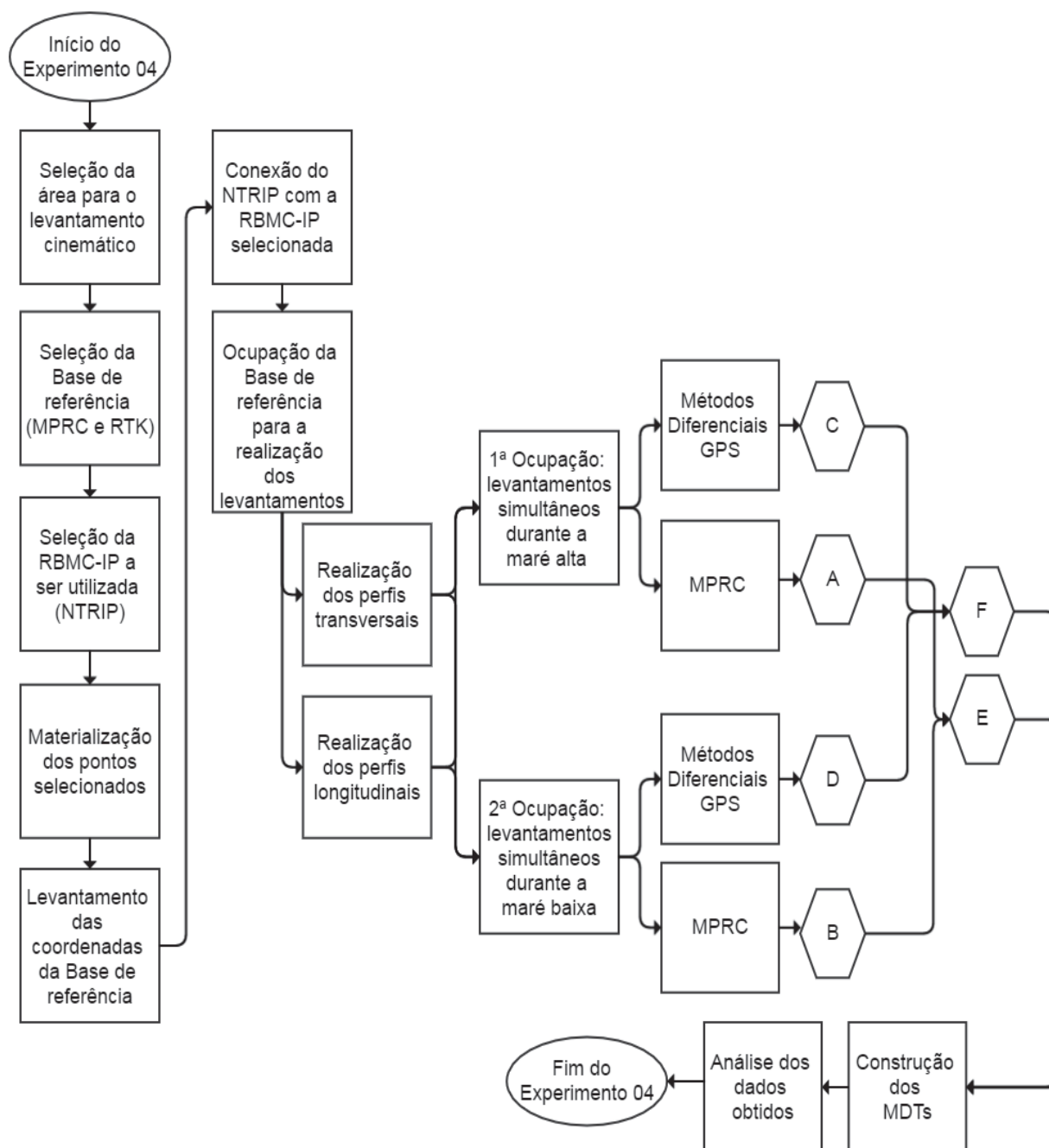


FIGURA 24 – Esquema das atividades desenvolvidas referentes aos cálculos de perfis do Experimento 04.

FONTE: O autor (2015).

A determinação da área da praia foi feita através de circuito realizado percorrendo todo o perímetro da mesma. Para tanto, foram concentrados todos os equipamentos GPS (MPRC e Diferenciais GPS) num ponto inicial. Com a inicialização já realizada, foi percorrido o trajeto do perímetro em fila indiana, com uma distância aproximada de 1 m entre cada pesquisador/equipamento. A simultaneidade no

rastreio do perímetro da praia permitiu que todos os equipamentos estivessem sob a mesma constelação de satélites.

Estes levantamentos foram repetidos 02 vezes, sendo uma repetição realizada durante a maré alta e a segunda sendo realizada durante a maré baixa.

As comparações entre o MPRC (área tomada como padrão) e os Métodos Diferenciais GPS permitiram uma análise dos erros e das precisões nos cálculos das áreas e dos perímetros.

As atividades referentes aos levantamentos e às análises necessárias para a realização dos cálculos das áreas da praia na presente pesquisa foram estruturadas de acordo com o esquema apresentado na FIGURA 25.

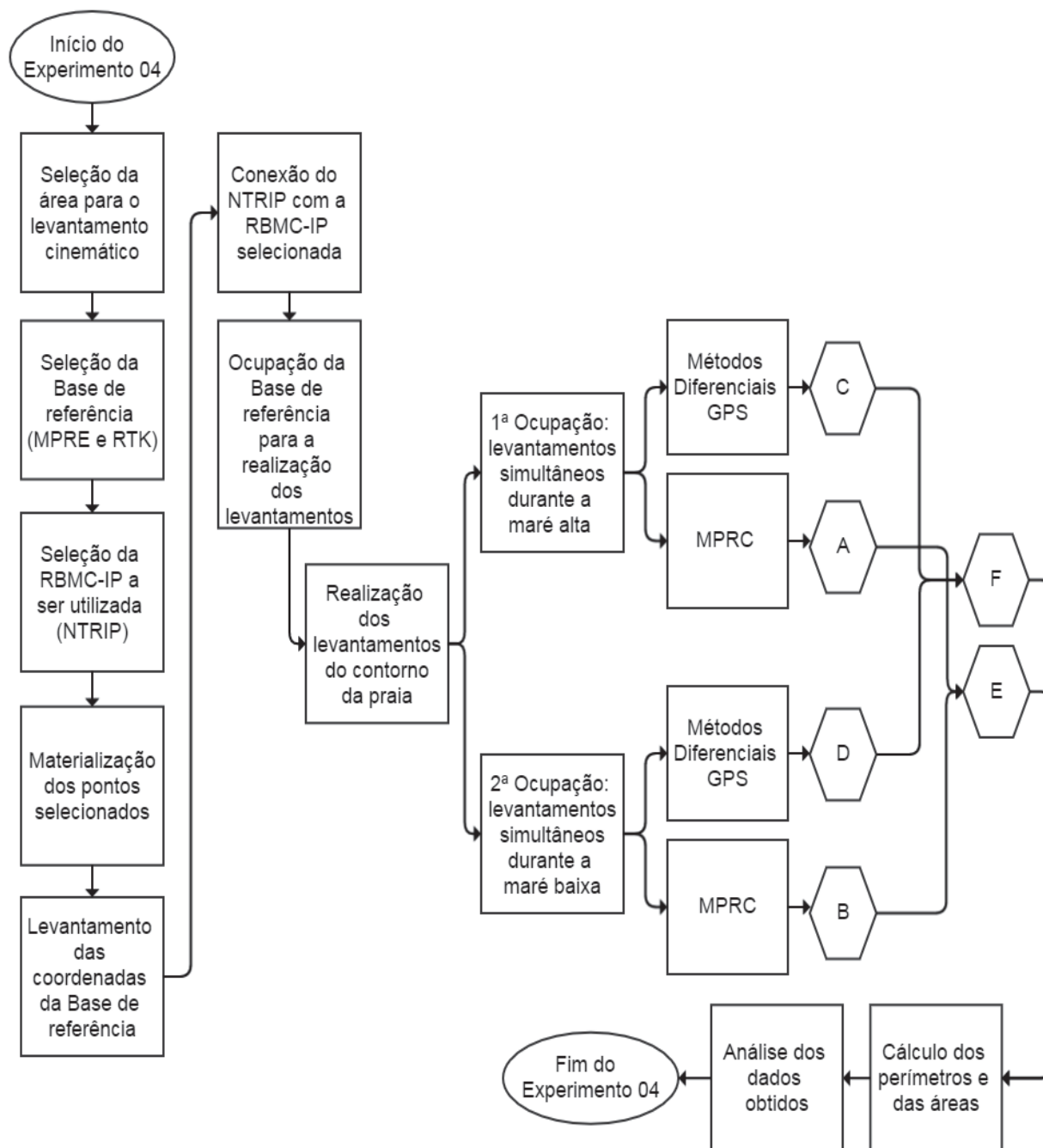


FIGURA 25 – Esquema das atividades desenvolvidas referentes aos cálculos de área do Experimento 04.

FONTE: O autor (2015).

Para a realização dos levantamentos deste experimento, os equipamentos GPS foram configurados com o intervalo de gravação de dados de 1 segundo e máscara de elevação de 10°. O período de inicialização utilizado foi de aproximadamente 05 minutos para os levantamentos com o MPRC (TABELA 37).

TABELA 37 - Configuração dos equipamentos GPS para a realização do Experimento 04.

Configuração dos equipamentos GPS para a realização do Experimento 04		
Modelo do receptor GPS aplicando a técnica RTK		Leica GX1230GG
Modelo do receptor GPS aplicando a técnica NTRIP		Leica RX1250Xc
Modelo do receptor GPS aplicando a técnica RTG		C-Nav3050
Modelo do receptor GPS utilizando o MPRC		Leica RX900CSC
Precisão informada pela literature	técnica RTK	1cm+1ppm (horizontal) e 2cm+2ppm (vertical)
	técnica NTRIP	1cm+1ppm
	técnica RTG	5cm (horizontal) e 15cm (vertical)
	MPRC	1 a 10 ppm
Tipo de equipamentos GPS utilizados		L1+L2
Intervalo de gravação dos dados		1 segundo
Máscara de elevação dos satélites		10°
Período de inicialização para o MPRC		Aproximadamente 5 minutos

FONTE: O autor (2015).

Como pode ser observado na FIGURA 25, de acordo com os objetivos a serem alcançados com este experimento, tem-se 06 etapas que foram realizadas denominadas de A a F, e que estão indicadas na TABELA 38.

TABELA 38 - Descrição dos levantamentos do Experimento 04.

Descrição dos levantamentos do Experimento 04		
Etapas	Objetivos	Admitido como padrão
A e B	Análise do avanço e recuo da linha de costa	A e B
C e D	Análise do avanço e recuo da linha de costa	-
E e F	Avaliar os Métodos Diferenciais	E
A e C	Análise da área para maré alta	A
B e D	Análise da área para maré baixa	B

FONTE: O autor (2015).

As distâncias entre a Estação Base, tanto no início como no fim dos trajetos estão indicadas na TABELA 39, TABELA 40 e TABELA 41, assim como as datas dos levantamentos, seus horários de início e de término, suas durações, número de observações do MPRC, no que se referem aos levantamentos simultâneos realizados

para as determinações dos perímetros da Praia do Cais e das suas seções transversais e longitudinais (tanto na maré alta como na maré baixa).

TABELA 39 – Dados dos levantamentos dos perímetros da Praia do Cais (maré alta e maré baixa) referentes ao Experimento 04.

Levantamentos dos perímetros da Praia do Cais		
	Maré alta	Maré baixa
Comp E do início	691395,5251 m	691398,1438 m
Comp N do início	7468175,6128 m	7468174,1131 m
Alt Elipsoidal do início	-5,3501 m	-4,4764 m
Distância início	204,3490 m	201,4742 m
Ínício (data / hora)	07/30/2015 15:22:48	07/30/2015 08:16:07
Comp E do término	691397,0201 m	691395,6243 m
Comp N do término	7468174,2800 m	7468173,4496 m
Alt Elipsoidal do término	-5,6633 m	-5,2741 m
Distância término	202,3850 m	202,6378 m
Término (data / hora)	07/30/2015 15:28:48	07/30/2015 08:24:39
Duração	6m 00s	8m 32s
Número de observações (MPRC)	361	513

FONTE: O autor (2015).

TABELA 40 - Dados dos levantamentos das seções transversais da Praia do Cais (maré alta e maré baixa) referentes ao Experimento 04.

Levantamentos das seções transversais da Praia do Cais		
	Maré alta	Maré baixa
Comp E do início	691373,5790 m	691371,4321 m
Comp N do início	7468203,5609 m	7468202,9685 m
Alt Elipsoidal do início	-5,0732 m	-5,7696 m
Distância início	239,8082 m	240,7721 m
Ínício (data / hora)	07/30/2015 15:43:15	07/30/2015 08:34:18
Comp E do término	691371,8437 m	691371,2656 m
Comp N do término	7468202,1770 m	7468202,6818 m
Alt Elipsoidal do término	-5,3843 m	-6,0076 m
Distância término	239,8866 m	240,6733 m
Término (data / hora)	07/30/2015 15:46:38	07/30/2015 08:38:34
Duração	3m 23s	4m 16s
Número de observações (MPRC)	204	257

FONTE: O autor (2015).

TABELA 41 - Dados dos levantamentos das seções longitudinais da Praia do Cais (maré alta e maré baixa) referentes ao Experimento 04.

Levantamentos das seções longitudinais da Praia do Cais		
	Maré alta	Maré baixa
Comp E do início	691395,3951 m	691395,5263 m
Comp N do início	7468175,0119 m	7468172,9280 m
Alt Elipsoidal do início	-5,2026 m	-5,3248 m
Distância início	203,9683 m	202,3096 m
Ínicio (data / hora)	07/30/2015 15:36:37	07/30/2015 08:26:30
Comp E do término	691373,4325 m	691371,4300 m
Comp N do término	7468203,4441 m	7468202,9676 m
Alt Elipsoidal do término	-5,0441 m	-5,7617 m
Distância término	239,8117 m	240,7724 m
Término (data / hora)	07/30/2015 15:40:09	07/30/2015 08:33:30
Duração	3m 32s	7m 00s
Número de observações (MPRC)	213	421

FONTE: O autor (2015).

3.5 PROCESSAMENTO DOS DADOS GPS BRUTOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para que fossem determinadas as coordenadas (geodésicas e UTM) referentes aos levantamentos relativos GNSS estático e cinemático, consideradas padrão, nos termos deste estudo, utilizou-se o *software* Leica *Geo Office* 7.0 para processar as observações GNSS coletadas. Alguns itens selecionados na configuração do processamento estão indicados na TABELA 42.

TABELA 42 - Configurações do processamento referente aos levantamentos relativos GPS estático e cinemático.

Configurações do processamento do MPRE e MPRC	
Especificações	Seleções
Efemérides	Precisas
Modelo troposférico	Hopfield
Modelo ionosférico	Automático
Máscara de elevação	10°
Frequência empregada	Automática
Solução	Automática
Antenas	Modelos IGS

FONTE: O autor (2015).

Após a realização destes processamentos, foi necessário analisar as informações referentes: aos *cycle slips* (saltos de ciclos), os quais devem ser eliminados; valores de DOPs, os quais devem ser inferiores a 6,0; o tipo da solução das ambiguidades; os resíduos da Dupla Diferença de Fase e o número de satélites; a precisão das coordenadas geodésicas e da linha de base formada.

Com os métodos diferenciais (RTK e NTRIP) as soluções são obtidas diretamente. Para esses casos, o *Leica Geo Office* (LGO) é utilizado apenas para a visualização dos resultados (coordenadas e suas precisões, tipo de solução do processamento, valores dos DOPs, número de satélites, entre outros), que posteriormente são analisados em planilhas de cálculo, por exemplo.

O equipamento C-Nav3050 gera um arquivo de extensão TXT contendo todas as mensagens NMEA selecionadas que foram produzidas. Para a realização da presente pesquisa foram escolhidas 08 mensagens NMEA (GLGNS, GNGBS, GNGFA, GNGGA, GNGNS, GNGSA, GNGST e GPGNS) dentre um total de 22 possíveis, levando em consideração para a escolha das mensagens as informações mais importantes para a posterior análise dos dados (coordenadas geodésicas, número de satélites, DOPs, precisões, entre outras).

Para utilização dos dados gerados pelo equipamento RTG, foi utilizado o *software* nmeaRead (VESTENA, 2015), construído em C++, que realiza a separação das mensagens NMEA, por tipo, em diferentes arquivos, para a execução das análises.

Com a finalização dos processamentos, foram elaboradas planilhas (tabelas), no intuito de se realizar as análises previstas para o desenvolvimento da pesquisa.

As análises dos dados foram divididas, a fim de organização da presente pesquisa em: análises visuais, análises das observações e análises estatísticas. As análises visuais consistiram de estudos espaciais dos dados, comparações e análises das variáveis obtidas nos levantamentos (utilização dos *softwares* QGIS 2.10 e ArcGIS 10). As análises das observações consistiram na avaliação das observações quanto à sua acurácia, precisão e erro. As análises estatísticas consistiram da utilização da estatística descritiva e da inferência estatística para a determinação do comportamento das diversas variáveis envolvidas nas análises anteriores.

Foram utilizados durante as análises filtros, estatísticos e matemáticos, com o intuito de se avaliar o comportamento do erro, da precisão e da acurácia dos dados. Considera-se este erro como a diferença existente entre o valor padrão e o valor analisado, que em algumas literaturas é denominado de tendência, viés, discrepância, entre outros. A precisão, neste caso, foi calculada a partir da média das precisões indicadas pelas soluções.

O filtro boxplot consiste primeiramente da realização do cálculo dos valores da amostra que seriam considerados *outliers* ou *extreme values*, através da utilização dos quartis e do intervalo interquartil de cada rastreio. De posse destas informações, retiram-se tais valores da amostra, que com um novo n (número de amostras), permite o cálculo de nova análise estatística para o mesmo rastreio.

O filtro de máscara emprega inicialmente a regressão linear simples utilizando como variável dependente uma das coordenadas, e como variável independente o tempo (t). Com o cálculo da linha de tendência da regressão, são estabelecidos intervalos de confiança superiores e inferiores, ambos apresentando uma distância de 0,1 m a partir da própria linha de tendência (coeficiente linear possuindo um valor de 0,1 maior e menor que a função original), determinando a região de onde os dados são desconsiderados e excluídos das análises realizadas.

Os ganhos em erro e precisão foram calculados através da subtração do valor do erro e da precisão do total das observações e das soluções fase/Diferencial GPS SPS pelo valor dos mesmos obtidos com a aplicação dos filtros utilizados na presente pesquisa. Tal procedimento teve como intuito avaliar a eficácia da utilização dos métodos e critérios selecionados. Quando positivos esses valores implicam que as metodologias aplicadas aos dados causaram melhora aos resultados. Tal comparação

foi apresentada em valores absolutos e em percentuais. Os ganhos em acurácia foram obtidos a partir do cálculo das acurácias do total das observações e das soluções fase/Diferencial GPS SPS pelo valor dos mesmos obtidos com a aplicação dos filtros, assim como realizado com os erros e as precisões.

Para a execução das análises estatísticas, dos filtros box-plot e de máscara, para os cálculos dos ganhos, entre outros, foi desenvolvido um programa em VBA (FIGURA 26). A entrada dos dados para a realização das análises é feita através de planilhas previamente formatadas. O *software* executa o processamento dos dados concernentes à totalidade das soluções, às soluções fase e às soluções código, tanto altimétrica como planimétrica, com e sem a aplicação dos filtros.

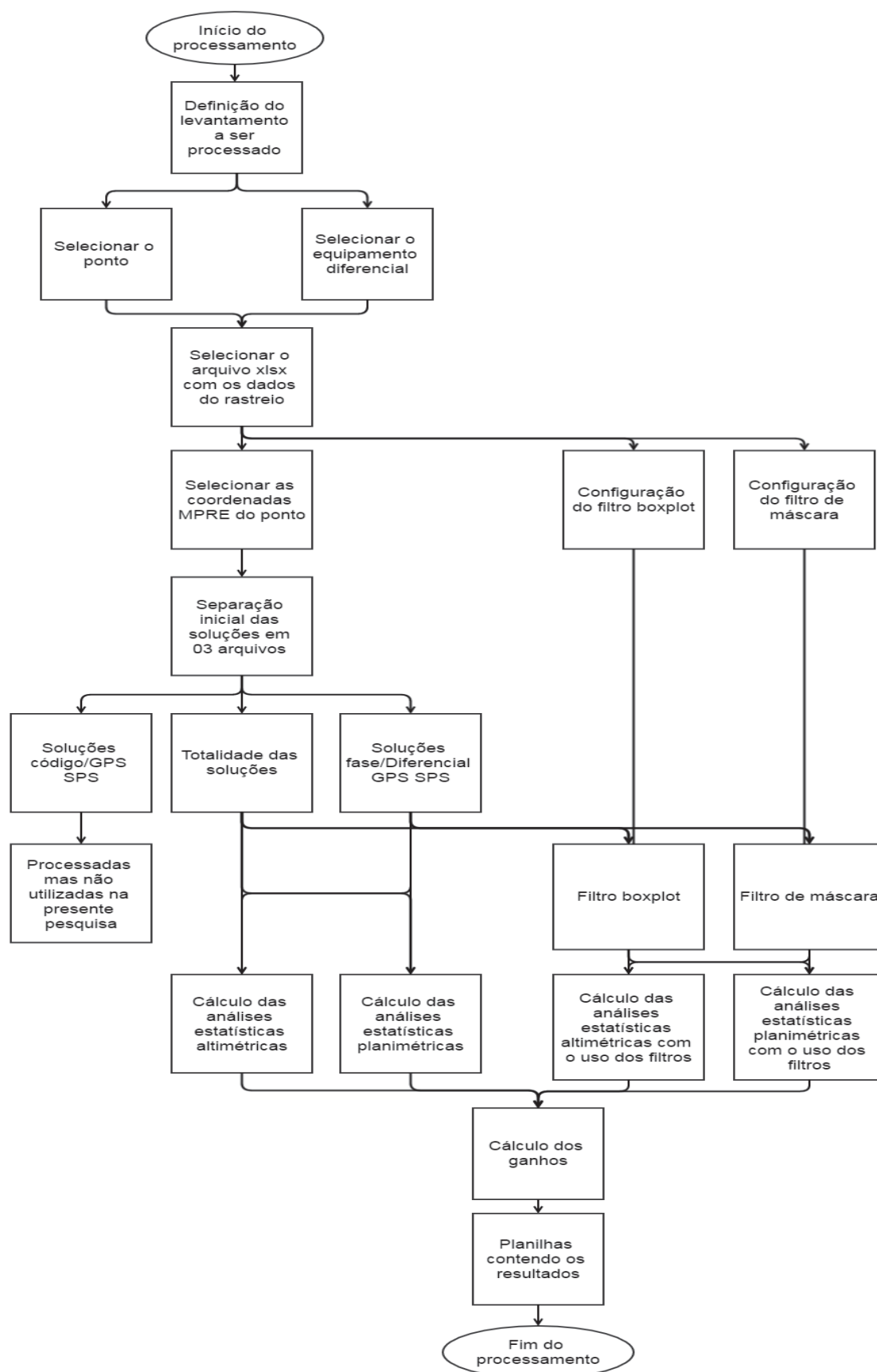


FIGURA 26 – Esquema das atividades desenvolvidas pelo programa de análises estatísticas.

FONTE: O autor (2015).

Para a análise de como foi o ajuste das linhas de tendência utilizadas nos filtros de máscara, foi realizado o cálculo dos coeficientes de determinação dessas linhas, buscando conhecer o quanto a reta utilizada explica a relação entre as variáveis selecionadas na realização da regressão linear.

Ao se analisar as linhas da praia, foram utilizados os dados obtidos com a linha padrão para que, a partir desta linha, fossem calculados os erros de cada observação coletada pelos equipamentos avaliados à esta reta.

Para a realização da análise do tempo necessário para que cada levantamento dentre os métodos Diferencial GPS avaliados chegassem a alcançar a precisão de 0,1 metros (precisão altimétrica, planimétrica e tridimensional), feitas verificações em todos os rastreios da presente pesquisa, levantando se tal precisão foi alcançada, em quanto tempo e com que tipo de solução.

Na análise do recuo e do avanço da linha de costa com a mudança da maré, verificou-se o quanto da variação das linhas de costa de marés alta e baixa, de cada equipamento avaliado através do cálculo da média de 03 medições, realizadas no início, no meio e ao final de cada linha. A comparação desses valores com os valores padrão obtidos através de medição com o MPRC permitiu a verificação e a quantificação do erro.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com o processamento dos dados coletados nos experimentos descritos nas seções 3.6.1 (Experimento 01 – análise de coordenadas geodésicas de pontos), 3.6.2 (Experimento 02 – análise de linhas), 3.6.3 (Experimento 03 – análise de desníveis de um perfil) e 3.6.4 (Experimento 04 – análise de área e de perfis longitudinal e transversal da praia a partir de MDT). As análises efetuadas dos resultados alcançados são também abordadas neste capítulo.

4.1 ANÁLISE DE COORDENADAS GEODÉSICAS DE PONTOS (Experimento 01)

O processamento dos dados coletados pelo MPRE foi realizado conforme se indica na seção 3.3. As coordenadas geodésicas, no sistema de referência SIRGAS 2000, dos 10 pontos, indicados na FIGURA 15, juntamente com suas precisões, são apresentadas na TABELA 43 e na TABELA 44. Indica-se ainda na TABELA 24 a situação do ponto em relação às obstruções existentes ao seu entorno.

Mediante a análise dos resultados alcançados, verificou-se que todos os pontos apresentaram 100% dos inteiros das ambiguidades determinadas, bem como 0% de saltos de ciclos, exceto os pontos PE07 (obstruído) e PE08 (parcialmente obstruído). Nesses processamentos, houve solução parcial das ambiguidades.

Estas coordenadas (TABELA 43 e TABELA 44) são admitidas com padrão, para todas as demais análises que estão sendo executadas neste experimento.

As coordenadas apresentadas na TABELA 43 estão indicadas na TABELA 45, na projeção UTM, no fuso 23 Sul.

As análises dos erros e da precisão das soluções obtidas com os Métodos Diferencias GPS (RTK, NTRIP, RTG) foram realizadas considerando-se inicialmente a totalidade das soluções de cada rastreio, e posteriormente separaram-se as mesmas entre soluções fase/Diferencial GPS SPS e soluções código/GPS SPS (que não foram utilizadas para análise na presente pesquisa devido ao fato de que as soluções código apresentam precisões que variam entre 1 m e 5 m, enquanto que as

soluções fase, objeto de estudo desta pesquisa, apresentam precisões centimétricas), conforme pode ser observado no esquema apresentado na FIGURA 6. Verifica-se que as coordenadas geodésicas foram separadas em dois conjuntos, ou seja, coordenadas planimétricas (Componentes Este e Norte), e coordenadas altimétricas (altitudes elipsoidais). Nestes conjuntos, foram empregados os filtros box-plot e de máscara. Posteriormente foram efetuadas análises de algumas variáveis, conforme indicado na FIGURA 27, sendo possível calcular também o ganho em acurácia e em precisão com o uso das coordenadas padrão e dos filtros.

TABELA 43 – Coordenadas geodésicas (SIRGAS2000) dos pontos obtidas através do Método de Posicionamento Relativo Estático.

Coordenadas Geodésicas (Método de Posicionamento Relativo Estático)					
Pontos	Obstruções	Latitude	σ Lat (m)	Longitude	σ Long (m)
PE01	Não	22° 53' 12,86486" S	0,0000	43° 07' 50,65196" W	0,0000
PE02	Não	22° 53' 10,56111" S	0,0000	43° 07' 46,12342" W	0,0000
PE03	Sim	22° 53' 09,51535" S	0,0001	43° 07' 43,33629" W	0,0001
PE04	Não	22° 53' 05,55862" S	0,0002	43° 07' 55,47786" W	0,0001
PE05	Não	22° 53' 07,33599" S	0,0000	43° 08' 02,25199" W	0,0000
PE06	Parciais	22° 52' 59,26217" S	0,0000	43° 08' 04,90216" W	0,0000
PE07	Sim	22° 52' 57,00608" S	0,0002	43° 08' 01,36086" W	0,0002
PE08	Parciais	22° 53' 03,95970" S	0,0003	43° 07' 54,56933" W	0,0003
PE09	Parciais	22° 53' 00,46774" S	0,0002	43° 08' 03,34089" W	0,0002
PE10	Não	22° 53' 04,00153" S	0,0000	43° 08' 03,97925" W	0,0000

FONTE: O autor (2015).

TABELA 44 – Coordenadas altimétricas dos pontos obtidas através do Método de Posicionamento Relativo Estático (MPRE).

Coordenadas Altimétricas (MPRE)		
Pontos	Altitude Elipsoidal (m)	σ Altitude Elipsoidal (m)
PE01	-3,1796	0,0000
PE02	-4,4063	0,0001
PE03	-3,7083	0,0003
PE04	-4,0243	0,0005
PE05	-3,8224	0,0001
PE06	-4,4188	0,0001
PE07	13,3170	0,0005
PE08	-3,6027	0,0017
PE09	-4,6844	0,0007
PE10	-3,8014	0,0001

FONTE: O autor (2015).

TABELA 45 – Coordenadas cartesianas (UTM / SIRGAS2000) dos pontos obtidas através do Método de Posicionamento Relativo Estático.

Coordenadas UTM (Método de Posicionamento Relativo Estático)					
Pontos	Obstruções	Este (m)	σ Este (m)	Norte (m)	σ Norte (m)
PE01	Não	691748,0703	0,0000	7467782,7542	0,0000
PE02	Não	691878,0402	0,0000	7467851,9810	0,0000
PE03	Sim	691957,8865	0,0001	7467883,1405	0,0001
PE04	Não	691613,3760	0,0001	7468009,2463	0,0002
PE05	Não	691419,6083	0,0000	7467957,0201	0,0000
PE06	Parciais	691347,2194	0,0000	7468206,3353	0,0000
PE07	Sim	691449,0333	0,0002	7468274,4561	0,0002
PE08	Parciais	691639,8946	0,0003	7468058,1022	0,0003
PE09	Parciais	691391,2492	0,0002	7468168,6872	0,0002
PE10	Não	691371,6778	0,0000	7468060,2150	0,0000

FONTE: O autor (2015).

Na sequência, estão sendo apresentadas detalhadamente as análises referentes às soluções coletadas no ponto PE01 por meio dos Métodos Diferenciais GPS, sendo este ponto livre de obstruções. Contudo, as análises dos demais pontos foram efetuadas, e não serão apresentadas pontualmente. Essas análises estão sendo apresentadas, de modo global, para os 10 pontos posicionados pelos Métodos Diferenciais empregados nesta pesquisa. São avaliados o erro, a precisão e a acurácia com relação: aos equipamentos diferenciais empregados (RTK, RTK via NTRIP e RTG); quanto ao tipo de obstrução (limpo, parcialmente obstruído, e obstruído) existente no entorno dos pontos; quanto à filtragem das soluções; quanto ao ganho referente ao emprego dos filtros (FIGURA 27).

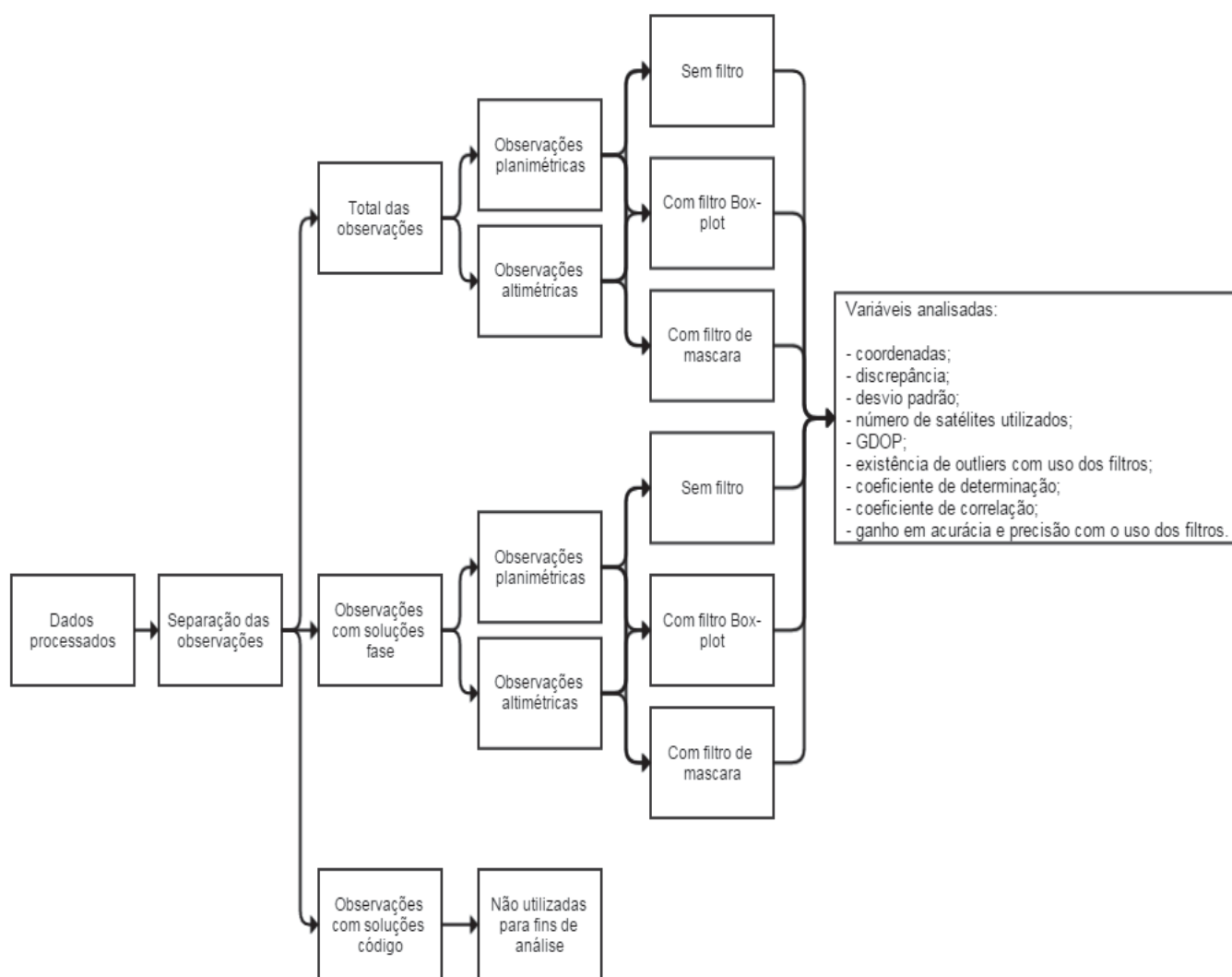


FIGURA 27 – Esquema das análises efetuadas no Experimento 01.

FONTE: O autor (2015).

4.1.1 Análise de coordenadas geodésicas referentes ao ponto PE01

Na seção 3.4.1, FIGURA 15, pode-se visualizar o ponto PE01 dentro do Complexo Naval. Na FIGURA 28, onde esse ponto pode ser observado, o mesmo se localiza num cais (solo de concreto), com altitude próxima do nível do mar, próximo às águas da Baía da Guanabara, em local livre de obstruções. A metodologia de campo empregada foi descrita na seção 3.4.1.



FIGURA 28 – Localização do ponto PE01.

FONTE: O autor (2015).

Os arquivos gerados pelos posicionamentos diferenciais NTRIP e RTK possibilitaram separar as soluções em duas classes: somente código (*Code Only*) ou fase (*Phase*). No caso do RTG, a mensagem NMEA GGA nos fornece 08 classes, sendo que nestes levantamentos obteve-se soluções dentro da classe 1 (GPS SPS) e da classe 2 (Diferencial GPS SPS) (TABELA 46).

TABELA 46 – Classes de saída da mensagem NMEA GGA (Campo F6).

Classes de saída da mensagem NMEA GGA		
Campo	Classe	Qualidade da correção da posição
F6	0	Correção não disponível ou inválida
	1	GPS SPS Mode, correção válida
	2	Differential GPS, SPS Mode, correção válida
	3	GPS PPS Mode, correção válida
	4	Real Time Kinematic, fixed integers
	5	Float RTK, floating integers
	6	Estimated (dead reckoning) Mode
	7	Manual input mode
	8	Modo de simulação

FONTE: O autor (2015).

Na TABELA 47 são visualizados o número total de soluções coletadas, o número de soluções código/GPS SPS, e o número de soluções fase/Diferencial GPS SPS para os posicionamentos diferenciais efetuados neste ponto. Tanto o NTRIP quanto o RTG tiveram praticamente a totalidade de suas soluções fase nas duas ocupações. O RTK apresentou soluções distintas quando se avaliam as duas ocupações. Na primeira, 81% das soluções foram obtidas pelo código, e na segunda ocupação, 89% das soluções foram obtidas pela fase.

TABELA 47 - Características dos levantamentos efetuados no PE01.

Características dos levantamentos do PE01						
Levantamento	Tipo de obstrução	Número de dados coletados	Número de soluções código/GPS SPS	Porcentagem código/ GPS SPS	Número de soluções fase/ Diferencial GPS SPS	Porcentagem fase/ Diferencial GPS SPS
PE01 - 01 - RTK	Limpo	793	641	81%	152	19%
PE01 - 02 - RTK	Limpo	1656	183	11%	1473	89%
PE01 - 01 - NTRIP	Limpo	1017	14	01%	1003	99%
PE01 - 02 - NTRIP	Limpo	602	24	04%	578	96%
PE01 - 01 - RTG	Limpo	939	00	00%	939	100%
PE01 - 02 - RTG	Limpo	627	00	00%	627	100%

FONTE: O autor (2015).

A partir de todas as soluções geradas, foi realizado o cálculo das coordenadas médias (TABELA 48), tanto planimétricas como altimétricas, visando uma análise inicial do erro e da precisão destes levantamentos (TABELA 49). Pode-se verificar que, na primeira ocupação com o RTK, a altitude elipsoidal apresenta um valor discrepante em relação aos demais, o que aponta para soluções não diferenciais.

TABELA 48 – Coordenadas UTM obtidas no ponto PE01 utilizando todas as soluções geradas.

Coordenadas obtidas com todas as soluções geradas			
Levantamento	Componente E (m)	Componente N (m)	Altitude Elipsoidal (m)
PE01 - 01 - RTK	686574,5562	7461854,4078	-32853,0280
PE01 - 02 - RTK	691748,1033	7467782,7029	-2,8389
PE01 - 01 - NTRIP	691747,9459	7467782,7773	-2,9308
PE01 - 02 - NTRIP	691747,9844	7467782,7899	-2,8482
PE01 - 01 - RTG	691747,8746	7467782,9952	-0,6646
PE01 - 02 - RTG	691748,0050	7467783,0095	-0,6885

FONTE: O autor (2015).

Os erros calculados para os demais levantamentos, no que tange a altimetria e a planimetria apresentaram valores máximos de 2,5150 m e de 0,3104 m, respectivamente para o RTG.

TABELA 49 - Análise das observações do PE01 utilizando todas as soluções geradas.

Análise das observações utilizando todas as soluções geradas								
Levantamento	Precisão h (m)	Erro h (m)	Precisão E (m)	Erro E (m)	Precisão N (m)	Erro N (m)	Precisão plan (m)	Erro plan (m)
PE01 - 01 - RTK	96016,5743	32850,4270	15738,6248	5173,5174	17791,2502	5928,3489	23753,5870	7868,3291
PE01 - 02 - RTK	0,6240	0,3564	0,2105	0,0554	0,3583	0,0723	0,4156	0,0911
PE01 - 01 - NTRIP	0,0380	0,2488	0,0364	0,1245	0,0243	0,0281	0,0437	0,1276
PE01 - 02 - NTRIP	0,3645	0,3314	0,0345	0,0863	0,0559	0,0484	0,0657	0,0989
PE01 - 01 - RTG	0,0312	2,5150	0,0135	0,1954	0,0205	0,2412	0,0245	0,3104
PE01 - 02 - RTG	0,0290	2,4911	0,0188	0,0650	0,0087	0,2555	0,0207	0,2637

FONTE: O autor (2015).

Na TABELA 50 são observados os números máximos, médios e mínimos de satélites rastreados durante os levantamentos, bem como, os números máximos, médios e mínimos do GDOP para o ponto PE01. Nesta tabela, os valores de GDOP são superiores a 6,0 para o 01-RTK e 02-NTRIP, e nesses levantamentos o número mínimo de satélites foi 05.

TABELA 50 – Número de satélites rastreados e GDOP para todos os levantamentos com todas as soluções geradas (PE01).

Levantamento	Número máximo de satélites	Número médio de satélites	Número mínimo de satélites	Número máximo de GDOP	Número médio de GDOP	Número mínimo de GDOP
PE01 - 01 – RTK	17	13	05	7,3	2,7	1,5
PE01 - 02 – RTK	14	12	11	2,1	1,8	1,5
PE01 - 01 – NTRIP	20	20	18	2,6	1,9	1,4
PE01 - 02 – NTRIP	14	13	05	9,5	2,4	1,8
PE01 - 01 – RTG	19	19	17	1,5	1,4	1,3
PE01 - 02 – RTG	17	16	15	1,3	1,3	1,3

FONTE: O autor (2015).

Na TABELA 51, são apresentadas as coordenadas altimétricas e planimétricas médias (em metros) calculadas a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS. Foi verificado que estas coordenadas não apresentam discrepâncias significativas, como ocorreu com o total dos dados (TABELA 48). Os erros (coordenada padrão do PE01 menos coordenada média do levantamento) e as precisões alcançadas para essas soluções estão indicados na TABELA 52.

TABELA 51 - Coordenadas obtidas a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS.

Coordenadas obtidas com as soluções fase			
Levantamento	Componente E (m)	Componente N (m)	Altitude Elipsoidal (m)
PE01 - 01 - RTK	691748,0737	7467782,7472	-2,9371
PE01 - 02 - RTK	691748,0652	7467782,7364	-2,9193
PE01 - 01 - NTRIP	691747,9486	7467782,7790	-2,9295
PE01 - 02 - NTRIP	691747,9889	7467782,7971	-2,9079
PE01 - 01 - RTG	691747,8746	7467782,9952	-0,6646
PE01 - 02 - RTG	691748,0050	7467783,0095	-0,6885

FONTE: O autor (2015).

TABELA 52 - Análise dos erros e precisões alcançados com as soluções fase/Diferencial GPS SPS para o PE01.

Análise das observações com as soluções fase (valores indicados em metros)								
Levantamento	Precisão h	Erro h	Precisão E	Erro E	Precisão N	Erro N	Precisão plan	Erro plan
PE01 - 01 - RTK	0,0624	0,2425	0,0155	0,0114	0,0305	0,0209	0,03423	0,02379
PE01 - 02 - RTK	0,0328	0,2603	0,0138	0,0084	0,0079	0,0178	0,01588	0,01969
PE01 - 01 - NTRIP	0,0307	0,2501	0,0167	0,1214	0,0135	0,0264	0,02149	0,12425
PE01 - 02 - NTRIP	0,0330	0,2717	0,0111	0,0811	0,0128	0,0433	0,01697	0,09192
PE01 - 01 - RTG	0,0312	2,5150	0,0135	0,1954	0,0205	0,2412	0,02453	0,31044
PE01 - 02 - RTG	0,0290	2,4911	0,0188	0,0650	0,0087	0,2555	0,02071	0,26368

FONTE: O autor (2015).

O erro máximo em relação à altimetria foi de 2,5150 m para o 01-RTG, e o erro mínimo foi de 0,2425 m para o 01-RTK. Destaca-se que anteriormente esse levantamento havia apresentado soluções discrepantes (TABELA 48). Já em relação à planimetria, o valor máximo apresentado foi 0,3104 m (01-RTG) e o valor mínimo apresentado foi de 0,01969 m (02-RTK). A precisão máxima da altimetria foi de 0,0624 m (01-RTK) e a da planimetria foi de 0,0342 m (01-RTK), enquanto que a precisão

mínima da altimetria foi de 0,0290 m (02-RTG) e a da planimetria foi de 0,01588 m (02-RTK).

Os valores do número de satélites observados durante o rastreamento e o número do GDOP para as soluções fase/Diferencial GPS SPS para os levantamentos estão indicados na TABELA 53. Para o levantamento 02-NTRIP, o GDOP máximo é igual a 9,5, valor este superior ao recomendado pela literatura (valor menor ou igual a 6).

TABELA 53 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS (PE01) (altimétrica e planimétrica).

Dados do rastreamento com as soluções fase/Diferencial GPS SPS						
Levantamento	Número máximo de satélites	Número médio de satélites	Número mínimo de satélites	Número máximo de GDOP	Número médio de GDOP	Número mínimo de GDOP
PE01 - 01 – RTK	14	14	14	1,8	1,8	1,8
PE01 - 02 – RTK	14	12	11	2,1	1,8	1,5
PE01 - 01 – NTRIP	20	20	18	2,6	1,9	1,8
PE01 - 02 – NTRIP	14	14	09	9,5	2,2	1,8
PE01 - 01 – RTG	19	19	17	1,5	1,4	1,3
PE01 - 02 – RTG	17	16	15	1,3	1,3	1,3

FONTE: O autor (2015).

Conforme exposto na FIGURA 27 e na seção 3.5 foram aplicados filtros box-plot e de máscara, nos conjuntos de coordenadas altimétricas e planimétricas. Na TABELA 54 são apresentadas as coordenadas resultantes da filtragem pelo box-plot aplicada a todas as soluções. Ao se comparar os valores da TABELA 48 com esta tabela, verifica-se principalmente para o 01-RTK coordenadas mais consistentes, indicando que a aplicação do filtro é positiva.

TABELA 54 - Coordenadas UTM resultantes da filtragem pelo box-plot aplicada a todas as soluções.

Coordenadas obtidas com todas as observações com filtro box-plot			
Levantamento	Componente E (m)	Componente N (m)	Altitude Elipsoidal (m)
PE01 - 01 - RTK	691747,7400	7467782,6269	-3,8148
PE01 - 02 - RTK	691748,0632	7467782,7398	-2,9216
PE01 - 01 - NTRIP	691747,9505	7467782,7800	-2,9295
PE01 - 02 - NTRIP	691747,9889	7467782,7961	-2,9062
PE01 - 01 - RTG	691747,8746	7467782,9952	-0,6646
PE01 - 02 - RTG	691748,0050	7467783,0095	-0,6885

FONTE: O autor (2015).

Nas TABELA 55 e TABELA 56, estão indicados o número total de soluções das coordenadas altimétricas e planimétricas, respectivamente. Tem-se ainda o número total de *outliers*, a média destas coordenadas, suas precisões e os erros calculados.

A maior porcentagem de *outliers* ocorreu para os levantamentos RTK, e para os levantamentos RTG não houve *outliers*.

TABELA 55 – Análise do total das soluções com filtro box-plot (altimétrica).

Análise do total das soluções com filtro box-plot (altimétrica)						
Levantamento	Número total de dados	Número de <i>outliers</i> com o Box-plot	Porcentagem do total	Média h (m)	Precisão h (m)	Erro h (m)
PE01 - 01 – RTK	793	146	18%	-3,8148	1,5107	1,3444
PE01 - 02 – RTK	1656	211	13%	-2,9216	0,0107	0,2580
PE01 - 01 – NTRIP	1017	24	02%	-2,9295	0,0271	0,2501
PE01 - 02 – NTRIP	602	30	05%	-2,9062	0,0287	0,2734
PE01 - 01 – RTG	939	00	00%	-0,6646	0,0312	2,5150
PE01 - 02 – RTG	627	00	00%	-0,6885	0,0290	2,4911

FONTE: O autor (2015).

TABELA 56 – Análise do total das soluções com filtro box-plot (planimétrica).

Análise do total das soluções com filtro box-plot (planimétrica)									
Levantamento	Nº total de dados	Nº de <i>outliers</i> com o Box-plot	Porcentagem do total de dados	Precisão E (m)	Erro E (m)	Precisão N (m)	Erro N (m)	Precisão plan (m)	Erro plan (m)
PE01 - 01 - RTK	793	146	18%	0,3229	0,3344	0,2083	0,1304	0,3843	0,3589
PE01 - 02 - RTK	1656	213	13%	0,0025	0,0068	0,0258	0,0196	0,0259	0,0208
PE01 - 01 - NTRIP	1017	35	03%	0,0089	0,1195	0,0108	0,0261	0,0140	0,1224
PE01 - 02 - NTRIP	602	39	06%	0,0082	0,0811	0,0237	0,0438	0,0251	0,0922
PE01 - 01 - RTG	939	00	00%	0,0135	0,1954	0,0205	0,2412	0,0245	0,3104
PE01 - 02 - RTG	627	00	00%	0,0188	0,0650	0,0087	0,2555	0,0207	0,2637

FONTE: O autor (2015).

Mesmo com a eliminação dos *outliers* e dos *extreme values*, considerando-se a componente altimétrica, o levantamento 02-NTRIP apresentou o número mínimo de satélites igual a 09 e o número máximo do GDOP igual a 9,5 (TABELA 57). Destarte

verifica-se que não houve alteração quando da análise das soluções fase/Diferencial GPS SPS. Em relação à TABELA 58, o número mínimo de satélites rastreados pelo 02-NTRIP foi 05.

TABELA 57 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir da totalidade das soluções com o filtro box-plot (altimétrico).

Dados do rastreio com todas as soluções com filtro box-plot (altimétrico)						
Levantamento	Número máximo de satélites	Número médio de satélites	Número mínimo de satélites	Número máximo de GDOP	Número médio de GDOP	Número mínimo de GDOP
PE01 - 01 - RTK	17	15	14	1,9	1,7	1,5
PE01 - 02 - RTK	14	12	11	2,1	1,8	1,5
PE01 - 01 - NTRIP	20	20	18	2,6	1,9	1,8
PE01 - 02 - NTRIP	14	14	09	9,5	2,2	1,8
PE01 - 01 - RTG	19	19	17	1,5	1,4	1,3
PE01 - 02 - RTG	17	16	15	1,3	1,3	1,3

FONTE: O autor (2015).

TABELA 58 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir da totalidade das soluções com o filtro box-plot (planimétrico).

Dados do rastreio com todas as soluções com filtro box-plot (planimétrica)						
Levantamento	Número máximo de satélites	Número médio de satélites	Número mínimo de satélites	Número máximo de GDOP	Número médio de GDOP	Número mínimo de GDOP
PE01 - 01 - RTK	17	15	14	1,9	1,7	1,5
PE01 - 02 - RTK	14	12	11	2,1	1,8	1,5
PE01 - 01 - NTRIP	20	20	18	2,6	1,9	1,8
PE01 - 02 - NTRIP	14	14	05	9,5	2,1	1,8
PE01 - 01 - RTG	19	19	17	1,5	1,4	1,3
PE01 - 02 - RTG	17	16	15	1,3	1,3	1,3

FONTE: O autor (2015).

Aplicando-se o filtro de máscara (seção 3.7) no total das soluções obtidas pelos diferentes levantamentos efetuados no PE01, verificou-se que para o 01-RTK foram eliminadas 100% das soluções, destarte não há coordenadas (TABELA 59).

Os levantamentos 02-RTK e o 01-NTRIP tiveram 38% e 15% de suas observações filtradas, respectivamente. Os demais rastreios apresentaram porcentagens pouco significativas em relação aos tamanhos das amostras (TABELA 60).

TABELA 59 - Coordenadas UTM resultantes da filtragem de máscara aplicada a todas as soluções obtidas.

Coordenadas obtidas com todas as soluções com filtro de máscara			
Levantamento	Componente E (m)	Componente N (m)	Altitude Elipsoidal (m)
PE01 - 01 - RTK	-	-	-
PE01 - 02 - RTK	691748,0653	7467782,74	-2,9176
PE01 - 01 - NTRIP	691747,9496	7467782,78	-2,9299
PE01 - 02 - NTRIP	691747,9883	7467782,795	-2,9006
PE01 - 01 - RTG	691747,8746	7467782,995	-0,6646
PE01 - 02 - RTG	691748,0050	7467783,01	-0,6885

FONTE: O autor (2015).

TABELA 60 – Análise do total das soluções com filtro de máscara (altimétrica).

Análise do total das observações com filtro de máscara (altimétrica)						
Levantamento	Número total de dados	Número de outliers com a máscara	Porcentagem do total	Média h (m)	Precisão h (m)	Erro h (m)
PE01 - 01 - RTK	793	793	100%	-	-	-
PE01 - 02 - RTK	1656	625	38%	-2,9176	0,0189	0,2620
PE01 - 01 - NTRIP	1017	30	03%	-2,9299	0,0260	0,2497
PE01 - 02 - NTRIP	602	90	15%	-2,9006	0,0245	0,2790
PE01 - 01 - RTG	939	00	00%	-0,6646	0,0312	2,5150
PE01 - 02 - RTG	627	00	00%	-0,6885	0,0290	2,4911

FONTE: O autor (2015).

Conforme ocorrido na Tabela 39, percebe-se na TABELA 61 que para o levantamento 01-RTK, 100% das soluções foram eliminadas com esta filtragem. Verificou-se também que o comportamento em relação ao número de soluções filtradas planimétricas foi diferente da filtragem altimétrica em 03 dos 06 rastreios realizados, contudo são porcentagens inferiores a 10%. As precisões calculadas

estiveram na casa dos centímetros, e entre os erros, o valor máximo encontrado foi de 0,3104 m (01-RTG) (TABELA 61).

A análise do número de satélites e do número do GDOP realizada sobre as soluções filtradas com máscara aplicada na componente altimétrica pode ser visualizada na Tabela 41. Verifica-se que o número máximo de GDOP do 02-NTRIP é igual a 9,5 (TABELA 62).

TABELA 61 – Análise do total das soluções com filtro de máscara (planimétrica).

Análise do total das soluções com filtro de máscara (planimétrica)									
Levantamento	Número total de dados	Número de outliers com a máscara	Porcentagem do total	Precisão E (m)	Erro E (m)	Precisão N (m)	Erro N (m)	Precisão plan (m)	Erro plan (m)
PE01 - 01 – RTK	793	793	100%	-	-	-	-	-	-
PE01 - 02 – RTK	1656	155	09%	0,0144	0,0085	0,0308	0,0211	0,0340	0,0228
PE01 - 01 – NTRIP	1017	20	02%	0,0115	0,1204	0,0116	0,0262	0,0164	0,1233
PE01 - 02 – NTRIP	602	15	02%	0,0133	0,0817	0,0388	0,0456	0,0411	0,0936
PE01 - 01 – RTG	939	00	00%	0,0135	0,1954	0,0205	0,2412	0,0245	0,3104
PE01 - 02 – RTG	627	00	00%	0,0188	0,0650	0,0087	0,2555	0,0207	0,2637

FONTE: O autor (2015).

TABELA 62 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir do total das soluções com o filtro de máscara (altimétrico).

Dados do rastreio com todas as soluções com filtro de máscara (altimétrico)						
Levantamento	Número máximo de satélites	Número médio de satélites	Número mínimo de satélites	Número máximo de GDOP	Número médio de GDOP	Número mínimo de GDOP
PE01 - 01 - RTK	-	-	-	-	-	-
PE01 - 02 - RTK	13	12	11	2,1	1,9	1,5
PE01 - 01 - NTRIP	20	20	18	2,6	1,9	1,8
PE01 - 02 - NTRIP	14	14	09	9,5	2,0	1,8
PE01 - 01 - RTG	19	19	17	1,5	1,4	1,3
PE01 - 02 - RTG	17	16	15	1,3	1,3	1,3

FONTE: O autor (2015).

Com a filtragem de máscara na componente planimétrica, percebe-se uma melhora no número máximo de satélites e no número médio de GDOP do 02-RTK,

contudo há uma redução no número mínimo de satélites observado no 02-NTRIP (de 09 para 05 satélites) (TABELA 63).

Quando da análise das regressões lineares realizadas entre a variável dependente (componente Este) e a variável independente (tempo), verificou-se que o melhor ajustamento à linha de tendência ocorreu no 01-RTG (61%), e o pior no 02-NTRIP (0,4%) (TABELA 64).

TABELA 63 - Número de satélites rastreados e gdop a partir do total das soluções com o filtro de máscara (planimétrico).

Dados do rastreio com todas as observações com filtro de máscara (planimétrico)						
Levantamento	Número máximo de satélites	Número médio de satélites	Número mínimo de satélites	Número máximo de GDOP	Número médio de GDOP	Número mínimo de GDOP
PE01 - 01 - RTK	-	-	-	-	-	-
PE01 - 02 - RTK	14	12	11	2,1	1,8	1,5
PE01 - 01 - NTRIP	20	20	18	2,6	1,9	1,8
PE01 - 02 - NTRIP	14	14	05	9,5	2,3	1,8
PE01 - 01 - RTG	19	19	17	1,5	1,4	1,3
PE01 - 02 - RTG	17	16	15	1,3	1,3	1,3

FONTE: O autor (2015).

TABELA 64 – Análise da regressão linear planimétrica (E x T) de todas as soluções.

Análise da regressão linear planimétrica (E x t) - Total		
Levantamento	Coefficientes de determinação	Coefficientes de correlação
PE01 - 01 - RTK	0,1273	0,3568
PE01 - 02 - RTK	0,0156	0,1250
PE01 - 01 - NTRIP	0,0040	0,0634
PE01 - 02 - NTRIP	0,0006	0,0252
PE01 - 01 - RTG	0,6048	0,7777
PE01 - 02 - RTG	0,0481	0,2192

FONTE: O autor (2015).

Da TABELA 65 à TABELA 69, estão apresentadas as análises quanto as soluções da fase após a aplicação do filtro box-plot. Na TABELA 65 têm-se as coordenadas médias (componente Este, componente Norte e altitude elipsoidal) dos

levantamentos; e nas TABELA 66 e TABELA 67, o número e a porcentagem de *outliers* com a aplicação deste filtro para as coordenadas altimétricas e planimétricas, respectivamente. Percebe-se que para os levantamentos RTG a porcentagem é nula e para os demais levantamentos é inferior a 10%.

TABELA 65 – Coordenadas UTM resultantes da filtragem box-plot aplicada às soluções fase.

Coordenadas obtidas com solução fase com filtro box-plot			
Levantamento	Componente E (m)	Componente N (m)	Altitude Elipsoidal (m)
PE01 - 01 – RTK	691748,0765	7467782,7510	-2,9425
PE01 - 02 – RTK	691748,0633	7467782,7369	-2,9214
PE01 - 01 - NTRIP	691747,9505	7467782,7799	-2,9294
PE01 - 02 - NTRIP	691747,9889	7467782,7971	-2,9064
PE01 - 01 – RTG	691747,8746	7467782,9952	-0,6646
PE01 - 02 – RTG	691748,0050	7467783,0095	-0,6885

FONTE: O autor (2015).

TABELA 66 – Análise das soluções fase com filtro box-plot (altimétrica).

Análise das soluções fase com filtro box-plot (altimétrica)						
Levantamento	Número total de dados	Número de outliers com o Box-plot	Porcentagem do total	Média h (m)	Precisão h (m)	Erro h (m)
PE01 - 01 - RTK	152	15	10%	-2,9425	0,0366	0,2371
PE01 - 02 - RTK	1473	45	03%	-2,9214	0,0100	0,2582
PE01 - 01 - NTRIP	1003	15	01%	-2,9294	0,0263	0,2502
PE01 - 02 - NTRIP	578	07	01%	-2,9064	0,0283	0,2732
PE01 - 01 - RTG	939	00	00%	-0,6646	0,0312	2,5150
PE01 - 02 - RTG	627	00	00%	-0,6885	0,0290	2,4911

FONTE: O autor (2015).

TABELA 67 – Análise das soluções fase com filtro box-plot (planimétrica).

Análise das soluções fase com filtro box-plot (planimétrica)									
Levantamento	Número total de dados	Número de outliers com o Box-plot	Porcentagem do total	Precisão E (m)	Erro E (m)	Precisão N (m)	Erro N (m)	Precisão plan (m)	Erro plan (m)
PE01 - 01 - RTK	152	12	8%	0,0081	0,0088	0,0259	0,0177	0,0271	0,0198
PE01 - 02 - RTK	1473	51	3%	0,0024	0,0068	0,0036	0,0172	0,0043	0,0184
PE01 - 01 - NTRIP	1003	22	2%	0,0088	0,1195	0,0098	0,0260	0,0132	0,1223
PE01 - 02 - NTRIP	578	17	3%	0,0081	0,0811	0,0107	0,0431	0,0134	0,0918
PE01 - 01 - RTG	939	00	0%	0,0135	0,1954	0,0205	0,2412	0,0245	0,3104
PE01 - 02 - RTG	627	00	0%	0,0188	0,0650	0,0087	0,2555	0,0207	0,2637

FONTE: O autor (2015).

As informações referentes ao número de satélites (máximo, médio e mínimo), e valor do GDOP (máximo, médio e mínimo), para as soluções da fase filtradas pelo box-plot estão indicadas nas TABELA 68 e TABELA 69, respectivamente. No levantamento 02-NTRIP, o valor mínimo de satélites foi igual a 09 e o número máximo de GDOP igual a 9,5 para as análises das coordenadas altimétricas (TABELA 68) e planimétricas (TABELA 69). Fato este que também ocorreu para as soluções da fase não filtradas.

TABELA 68 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS com o filtro box-plot (altimétrico).

Dados do rastreo com solução fase com filtro box-plot (altimétrico)						
Levantamento	Número máximo de satélites	Número médio de satélites	Número mínimo de satélites	Número máximo de GDOP	Número médio de GDOP	Número mínimo de GDOP
PE01 - 01 - RTK	14	14	14	1,8	1,8	1,8
PE01 - 02 - RTK	14	12	11	2,1	1,8	1,5
PE01 - 01 - NTRIP	20	20	18	2,6	1,9	1,8
PE01 - 02 - NTRIP	14	14	09	9,5	2,2	1,8
PE01 - 01 - RTG	19	19	17	1,5	1,4	1,3
PE01 - 02 - RTG	17	16	15	1,3	1,3	1,3

FONTE: O autor (2015).

TABELA 69 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS com o filtro box-plot (planimétrico).

Dados do rastreo com solução fase com filtro box-plot (planimétrica)						
Levantamento	Número máximo de satélites	Número médio de satélites	Número mínimo de satélites	Número máximo de GDOP	Número médio de GDOP	Número mínimo de GDOP
PE01 - 01 - RTK	14	14	14	1,8	1,8	1,8
PE01 - 02 - RTK	14	12	11	2,1	1,8	1,5
PE01 - 01 - NTRIP	20	20	18	2,6	1,9	1,8
PE01 - 02 - NTRIP	14	14	09	9,5	2,1	1,8
PE01 - 01 - RTG	19	19	17	1,5	1,4	1,3
PE01 - 02 - RTG	17	16	15	1,3	1,3	1,3

FONTE: O autor (2015).

Com as soluções fase filtradas com a máscara, foram calculadas as coordenadas médias dos levantamentos indicadas na TABELA 70.

TABELA 70 - Coordenadas UTM resultantes da aplicação do filtro de máscara às soluções fase/Diferencial GPS SPS.

Coordenadas obtidas com solução fase com filtro de máscara			
Levantamento	Componente E (m)	Componente N (m)	Altitude Elipsoidal (m)
PE01 - 01 - RTK	691748,0737	7467782,7472	-2,9395
PE01 - 02 - RTK	691748,0644	7467782,7368	-2,9217
PE01 - 01 - NTRIP	691747,9496	7467782,7797	-2,9297
PE01 - 02 - NTRIP	691747,9889	7467782,7971	-2,9058
PE01 - 01 - RTG	691747,8746	7467782,9952	-0,6646
PE01 - 02 - RTG	691748,0050	7467783,0095	-0,6885

FONTE: O autor (2015).

Para estas soluções, nas TABELA 71 e TABELA 72, se tem o número e as porcentagens dos *outliers*. Na TABELA 71, visualiza-se ainda a altitude média, a precisão alcançada e o erro calculado. O levantamento 01-RTK apresentou o maior percentual de *outliers* (13%). Os maiores erros ocorrem para o 01-RTG e o 02-RTG (2,5150 m e 2,4911 m, respectivamente), e o maior desvio padrão é do 01-RTK (0,0327 m) (TABELA 71). Na TABELA 72, são apresentadas as coordenadas planimétricas médias (componentes Este e Norte), as precisões alcançadas, e os erros calculados. Quando da análise da porcentagem total de *outliers*, constata-se que praticamente todas as soluções fase/Diferencial GPS SPS são aceitas, mesmo após a filtragem.

TABELA 71 – Análise das soluções fase/Diferencial GPS SPS com filtro de máscara (altimétrica).

Análise das soluções fase/Diferencial GPS SPS com filtro de máscara (altimétrica)						
Levantamento	Número total de dados	Número de <i>outliers</i> com a máscara	Porcentagem do total	Média h (m)	Precisão h (m)	Erro h (m)
PE01 - 01 - RTK	152	19	13%	-2,9395	0,0327	0,2401
PE01 - 02 - RTK	1473	19	1%	-2,9217	0,0133	0,2579
PE01 - 01 - NTRIP	1003	18	2%	-2,9297	0,0258	0,2499
PE01 - 02 - NTRIP	578	10	2%	-2,9058	0,0273	0,2738
PE01 - 01 - RTG	939	00	0%	-0,6646	0,0312	2,5150
PE01 - 02 - RTG	627	00	0%	-0,6885	0,0290	2,4911

FONTE: O autor (2015).

TABELA 72 - Análise das soluções fase/Diferencial GPS SPS com filtro de máscara (planimétrica).

Análise das soluções fase/Diferencial GPS SPS com filtro de máscara (planimétrica)									
Levantamento	Número total de dados	Número de outliers com a máscara	Porcentagem do total	Precisão E (m)	Erro E (m)	Precisão N (m)	Erro N (m)	Precisão plan (m)	Erro plan (m)
PE01 - 01 – RTK	152	00	0%	0,0155	0,0114	0,0305	0,0209	0,0342	0,0238
PE01 - 02 – RTK	1473	09	1%	0,0084	0,0076	0,0056	0,0175	0,0102	0,0191
PE01 - 01 – NTRIP	1003	07	1%	0,0115	0,1204	0,0107	0,0261	0,0157	0,1232
PE01 - 02 – NTRIP	578	00	0%	0,0111	0,0811	0,0128	0,0433	0,0170	0,0919
PE01 - 01 – RTG	939	00	0%	0,0135	0,1954	0,0205	0,2412	0,0245	0,3104
PE01 - 02 – RTG	627	00	0%	0,0188	0,0650	0,0087	0,2555	0,0207	0,2637

FONTE: O autor (2015).

Na TABELA 73 e na TABELA 74, são apresentados os números de satélites rastreados e GDOP para as soluções fase/Diferencial GPS SPS. Percebe-se que o ponto 02-NTRIP não apresentou melhora em relação ao valor máximo do GDOP (9,5) e o número mínimo de satélites (09), tanto para as coordenadas planimétricas quanto as altimétricas, quando comparados com os valores obtidos das soluções fase/Diferencial GPS SPS sem o uso do filtro.

TABELA 73 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS com o filtro de máscara (altimétrico).

Dados do rastreio com solução fase com filtro de máscara (altimétrico)						
Levantamento	Número máximo de satélites	Número médio de satélites	Número mínimo de satélites	Número máximo de GDOP	Número médio de GDOP	Número mínimo de GDOP
PE01 - 01 – RTK	14	14	14	1,8	1,8	1,8
PE01 - 02 – RTK	14	12	11	2,1	1,8	1,5
PE01 - 01 – NTRIP	20	20	18	2,6	1,9	1,8
PE01 - 02 – NTRIP	14	14	09	9,5	2,1	1,8
PE01 - 01 – RTG	19	19	17	1,5	1,4	1,3
PE01 - 02 – RTG	17	16	15	1,3	1,3	1,3

FONTE: O autor (2015).

TABELA 74 - Número de satélites rastreados e GDOP a partir das soluções fase/Diferencial GPS SPS com o filtro de máscara (planimétrico).

Dados do rastreo com solução fase com filtro de máscara (planimétrica)						
Levantamento	Número máximo de satélites	Número médio de satélites	Número mínimo de satélites	Número máximo de GDOP	Número médio de GDOP	Número mínimo de GDOP
PE01 - 01 – RTK	14	14	14	1,8	1,8	1,8
PE01 - 02 – RTK	14	12	11	2,1	2,0	1,5
PE01 - 01 – NTRIP	20	20	18	2,6	2,0	1,8
PE01 - 02 – NTRIP	14	14	09	9,5	2,0	1,8
PE01 - 01 – RTG	19	19	17	1,5	1,0	1,3
PE01 - 02 – RTG	17	16	15	1,3	1,3	1,3

FONTE: O autor (2015).

Em relação à análise das regressões lineares realizada entre a variável dependente (componente Este) e a variável independente (tempo) considerando as soluções fase/Diferencial GPS SPS, verificou-se que o melhor ajustamento à linha de tendência ocorreu no 01-RTG (60,48%), e o pior no 02-NTRIP (0,23%) (TABELA 75).

TABELA 75 - Análise da regressão linear planimétrica (E X T) das soluções fase/Diferencial GPS SPS.

Análise da regressão linear planimétrica (E x t) - Fase		
Levantamento	Coefficientes de determinação	Coefficientes de correlação
PE01 - 01 - RTK	0,1075	0,3279
PE01 - 02 - RTK	0,0314	0,1771
PE01 - 01 - NTRIP	0,0034	0,0580
PE01 - 02 - NTRIP	0,0023	0,0482
PE01 - 01 - RTG	0,6048	0,7777
PE01 - 02 - RTG	0,0481	0,2192

FONTE: O autor (2015).

A TABELA 76 apresenta o ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros box-plot e de máscara. O 01-NTRIP denotou perda em relação ao erro altimétrico tanto com o filtro box-plot (-0,0013 m) quanto com o filtro de máscara (-

0,0009 m), contudo os valores não foram significativos. Os levantamentos 01-RTK e 02-RTK apontaram os maiores ganhos com o emprego destes filtros.

TABELA 76 – Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros (total de soluções).

Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros (total de soluções)								
Levantamento	Altimétrico				Planimétrico			
	Total com filtro box-plot		Total com filtro de máscara		Total com filtro box-plot		Total com filtro de máscara	
	Erro h (m)	Precisão h (m)	Erro h (m)	Precisão h (m)	Erro Plan (m)	Precisão Plan (m)	Erro Plan (m)	Precisão Plan (m)
PE01 - 01 - RTK	32849,0826	96015,0636	-	-	7867,97	23753,2	-	-
PE01 - 02 - RTK	0,0984	0,6134	0,0944	0,6052	0,0703	0,3896	0,0684	0,3815
PE01 - 01 - NTRIP	-0,0013	0,0110	-0,0009	0,0121	0,0052	0,0297	0,0044	0,0273
PE01 - 02 - NTRIP	0,0580	0,3358	0,0525	0,3400	0,0067	0,0405	0,0053	0,0246
PE01 - 01 - RTG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
PE01 - 02 - RTG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

FONTE: O autor (2015).

Percentualmente, o 01-NTRIP apresentou perda no erro altimétrico com o filtro box-plot (-1%) e ganho nulo no filtro de máscara. Os levantamentos 01-RTK e 02-RTK tiveram ganho com o filtro box-plot em precisão altimétrica de 100% e 98% respectivamente, e em precisão planimétrica foi de 100% e 94%, nessa ordem (TABELA 77).

TABELA 77 – Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros em percentagem (total de soluções).

Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros (%) (total de soluções)								
Levantamento	Altimétrico				Planimétrico			
	Total com filtro box-plot		Total com filtro de máscara		Total com filtro box-plot		Total com filtro de máscara	
	Erro h %	Precisão h %	Erro h %	Precisão h %	Erro Plan %	Precisão Plan %	Erro Plan %	Precisão Plan %
PE01 - 01 - RTK	100%	100%	-	-	100%	100%	-	-
PE01 - 02 - RTK	28%	98%	26%	97%	77%	94%	75%	92%
PE01 - 01 - NTRIP	-01%	29%	00%	32%	04%	68%	03%	63%
PE01 - 02 - NTRIP	18%	92%	16%	93%	07%	62%	05%	37%
PE01 - 01 - RTG	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%
PE01 - 02 - RTG	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%

FONTE: O autor (2015).

Quando da análise do ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros nas soluções fase/Diferencial GPS SPS, o 01-NTRIP apresentou perda de 0,0001 m com a aplicação do filtro box-plot, e para o 02-NTRIP perda de 0,0015 m com o filtro box-plot e 0,0020 m com o filtro de máscara, em relação ao erro altimétrico (TABELA 78). Os levantamentos 01-RTK e o 02-RTK tiveram os maiores ganhos com o emprego dos filtros, exceto quando o filtro de máscara foi aplicado às componentes planimétricas. A análise do ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros nas soluções fase/Diferencial GPS SPS em porcentagem denotou nos pontos RTK e NTRIP ganho superior em relação às precisões do que em relação aos erros (TABELA 79).

TABELA 78 - Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros (soluções fase/Diferencial GPS SPS).

Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros (soluções fase/Diferencial GPS SPS)								
Levantamento	Fase com filtro box-plot		Fase com filtro de máscara		Fase com filtro box-plot		Fase com filtro de máscara	
	Erro h (m)	Precisão h (m)	Erro h (m)	Precisão h (m)	Erro Plan (m)	Precisão Plan (m)	Erro Plan (m)	Precisão Plan (m)
PE01 - 01 – RTK	0,0054	0,0258	0,0024	0,0297	0,0040	0,0040	0,0000	0,0000
PE01 - 02 - RTK	0,0020	0,0229	0,0024	0,0195	0,0012	0,0012	0,0006	0,0057
PE01 - 01 - NTRIP	-0,0001	0,0044	0,0002	0,0049	0,0019	0,0019	0,0010	0,0058
PE01 - 02 - NTRIP	-0,0015	0,0047	-0,0020	0,0057	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
PE01 - 01 - RTG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
PE01 - 02 - RTG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

FONTE: O autor (2015).

TABELA 79 - Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros em porcentagem (soluções fase/Diferencial GPS SPS).

Ganho em erro e precisão com a aplicação dos filtros (soluções fase/Diferencial GPS SPS) (%)								
Levantamento	Fase com filtro box-plot		Fase com filtro de máscara		Fase com filtro box-plot		Fase com filtro de máscara	
	Erro h %	Precisão h %	Erro h %	Precisão h %	Erro Plan %	Precisão Plan %	Erro Plan %	Precisão Plan %
PE01 - 01 – RTK	02%	41%	01%	48%	17%	21%	00%	00%
PE01 - 02 – RTK	01%	70%	01%	60%	06%	73%	03%	36%
PE01 - 01 - NTRIP	00%	14%	00%	16%	02%	39%	01%	27%
PE01 - 02 - NTRIP	-01%	14%	-01%	17%	00%	21%	00%	00%
PE01 - 01 – RTG	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%
PE01 - 02 – RTG	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%

FONTE: O autor (2015).

4.1.2 Análise do erro e da precisão dos 10 pontos

Dado a diversidade de localidades utilizadas para a realização dos levantamentos referentes ao experimento, houve a possibilidade de se realizar diferentes análises dos dados levando em consideração características similares dos pontos. Tais características foram associadas primordialmente ao grau de obstrução do local em relação à recepção dos sinais dos satélites GNSS pelos receptores. Seguindo esta premissa, os pontos foram divididos em: limpos, parcialmente obstruídos e obstruídos, conforme indicado na seção 3.4.1, TABELA 24.

4.1.2.1 RTK

Na análise de erro e precisão do total das soluções dos rastreios realizados no Experimento 01 com os equipamentos RTK, excetuando-se o primeiro rastreio do PE01 (por motivos já expostos em análise anterior), verificou-se um erro altimétrico médio de 2,3917 m e um erro planimétrico de 1,5021 m. Quando da utilização apenas das soluções de fase, as respectivas médias apresentam seus valores diminuídos para 0,1149 m e 0,0456 m. Analisando a precisão em relação ao mesmo conjunto de rastreios, o desvio padrão médio dos levantamentos foi de 2,0075 m e 1,6957 m para a altimetria e a planimetria, respectivamente. Já com a análise apenas das observações com as correções diferenciais da fase, o resultado médio altimétrico foi de 0,0714 m e o planimétrico foi de 0,0291 m (FIGURA 29).

A FIGURA 30 sintetiza as análises do comportamento do equipamento RTK quando da utilização das observações com correções diferenciais da fase de batimento da onda portadora. Os pontos parcialmente obstruídos apresentaram menor erro altimétrico (0,1102 m), e também menores precisões altimétrica e planimétrica (0,0170 m e 0,0063 m, respectivamente). Os pontos limpos tiveram o menor erro planimétrico (0,0439 m).

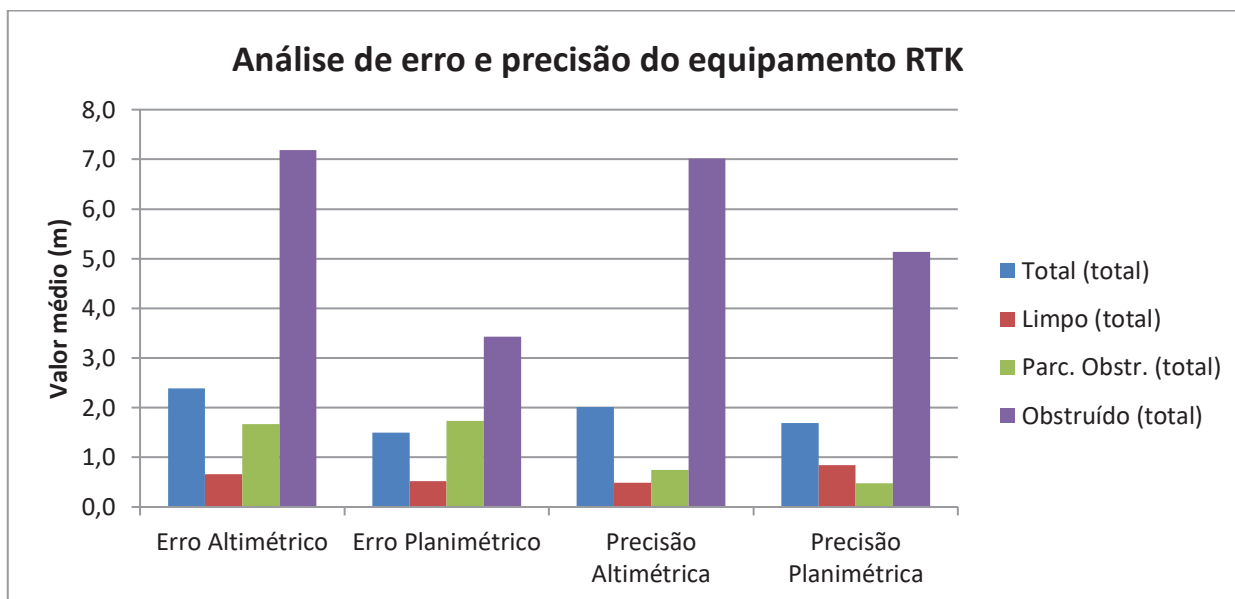


FIGURA 29 – Análise de erro e precisão do equipamento RTK com a totalidade das soluções.

FONTE: O autor (2015).

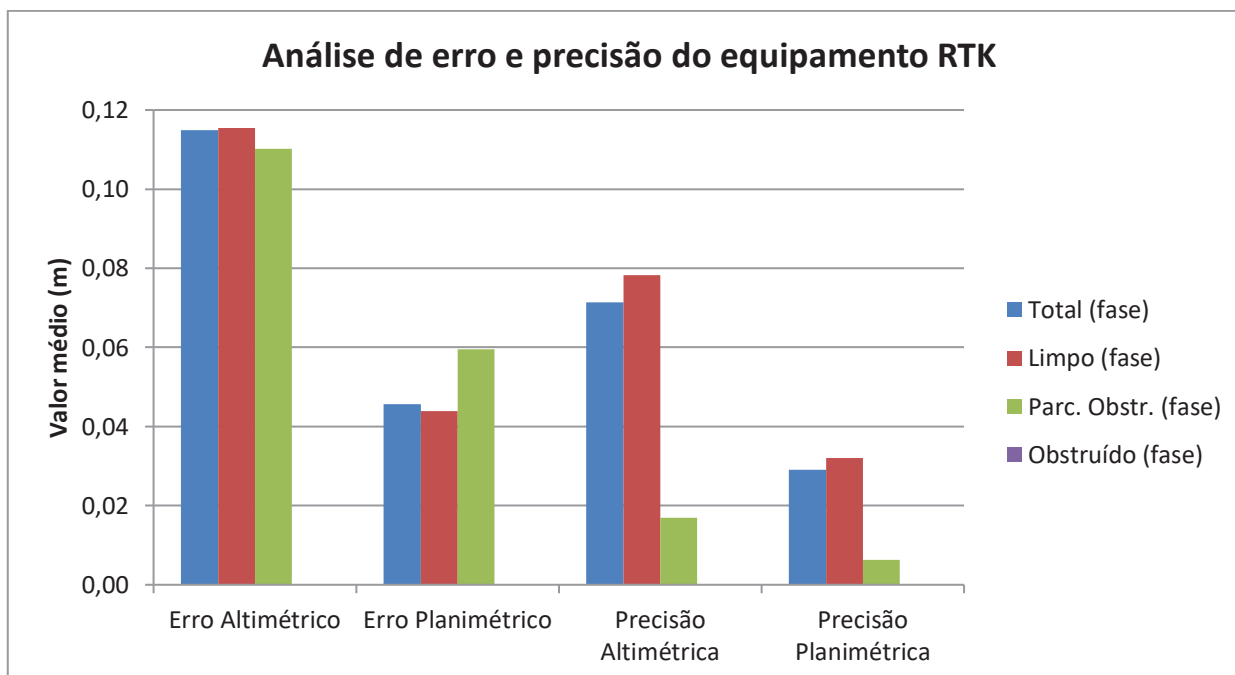


FIGURA 30 - Análise de erro e precisão do equipamento RTK com as soluções fase.

FONTE: O autor (2015).

Os dados apresentados nos gráficos da presente seção se encontram na TABELA 80, permitindo melhor interpretação das análises evidenciadas. Pode-se verificar, pela ausência dos erros e precisões, que os pontos RTK obstruídos não obtiveram soluções fase.

TABELA 80 – Análise de erro e precisão do equipamento RTK.

Análise de erro e precisão do equipamento RTK (m)				
	Erro Altimétrico	Erro Planimétrico	Precisão Altimétrica	Precisão Planimétrica
Total (total)	2,3917	1,5021	2,0075	1,6957
Total (fase)	0,1149	0,0456	0,0714	0,0291
Limpo (total)	0,6610	0,5192	0,4845	0,8432
Limpo (fase)	0,1155	0,0439	0,0782	0,0320
Parc. Obstr. (total)	1,6741	1,7330	0,7410	0,4782
Parc. Obstr. (fase)	0,1102	0,0595	0,0170	0,0063
Obstruído (total)	7,1828	3,4250	7,0173	5,1358
Obstruído (fase)	x	x	x	x

FONTE: O autor (2015).

4.1.2.2 NTRIP

Na análise de erro e precisão do RTK via NTRIP com a totalidade das soluções, constatou-se que os pontos limpos apresentaram os menores valores referentes tanto aos erros quanto às precisões (altimétricas e planimétricas) (FIGURA 31).

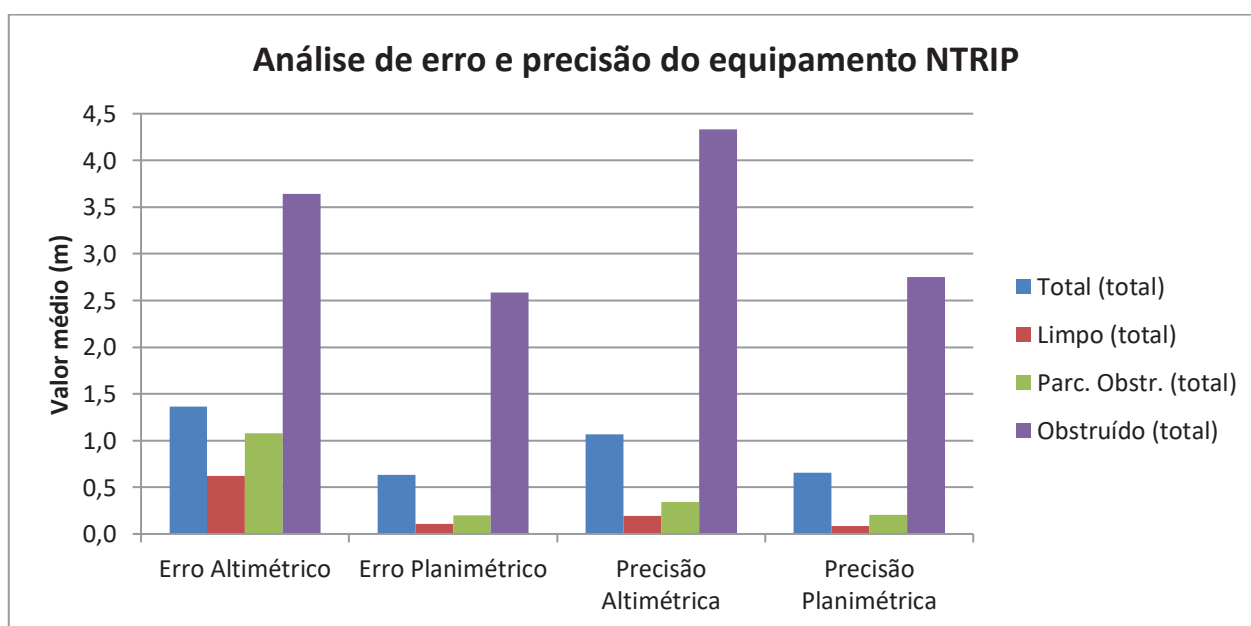


FIGURA 31 - Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP com a totalidade das soluções.

FONTE: O autor (2015).

Com a utilização apenas das soluções fase, os pontos obstruídos passam a ter o menor erro altimétrico (0,2487 m). Os pontos limpos apresentam o menor erro e precisão planimétricos (0,0918 e 0,0210 m, respectivamente) (FIGURA 32).

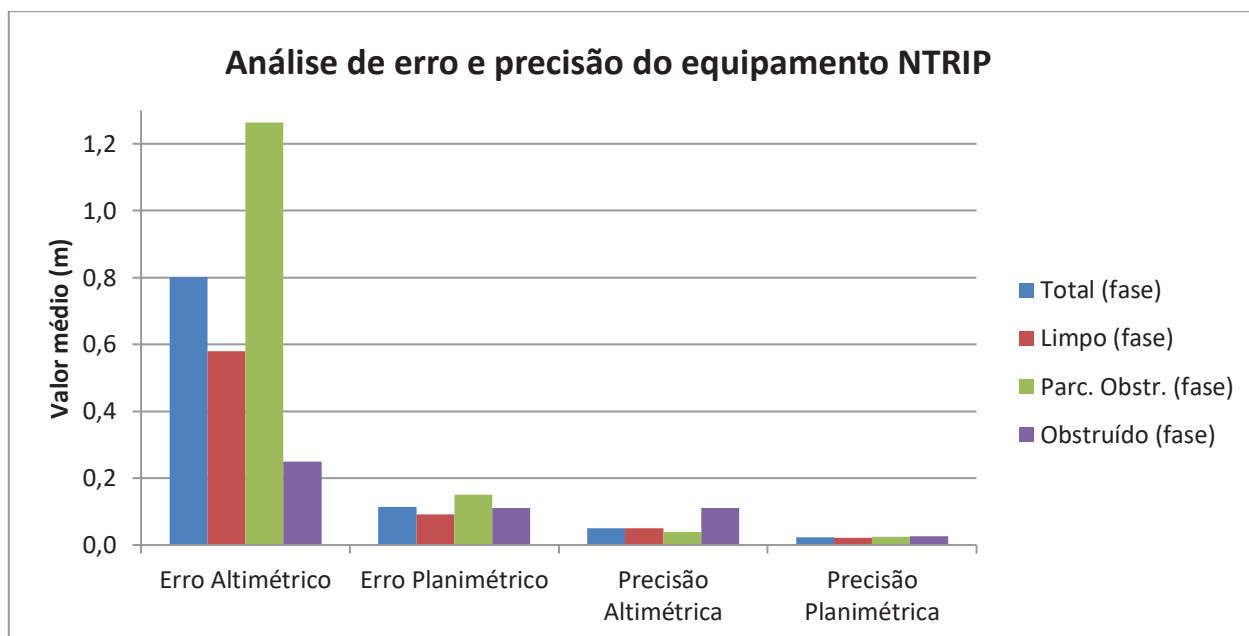


FIGURA 32 - Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP com as soluções fase.

FONTE: O autor (2015).

Analisando-se os dados apresentados na TABELA 81, nota-se que em somente 03 ocorrências a precisão altimétrica alcança valores abaixo de 0,1 m, enquanto que a precisão planimétrica alcança o mesmo patamar em 05 ocorrências.

TABELA 81 - Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP.

Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP (m)				
	Erro Altimétrico	Erro Planimétrico	Precisão Altimétrica	Precisão Planimétrica
Total (total)	1,3619	0,6303	1,0660	0,6547
Total (fase)	0,8013	0,1136	0,0496	0,0223
Limpo (total)	0,6211	0,1082	0,1923	0,0875
Limpo (fase)	0,5791	0,0918	0,0494	0,0210
Parc. Obstr. (total)	1,0765	0,1988	0,3431	0,2026
Parc. Obstr. (fase)	1,2638	0,1505	0,0397	0,0238
Obstruído (total)	3,6422	2,5830	4,3346	2,7510
Obstruído (fase)	0,2487	0,1104	0,1099	0,0263

FONTE: O autor (2015).

4.1.2.3 RTG

Na análise de erro e precisão referente aos levantamentos realizados com o equipamento RTG sobre a totalidade das soluções verificou-se que os pontos parcialmente obstruídos apresentaram os menores erros, enquanto que os pontos limpos apresentaram as menores precisões (FIGURA 33).

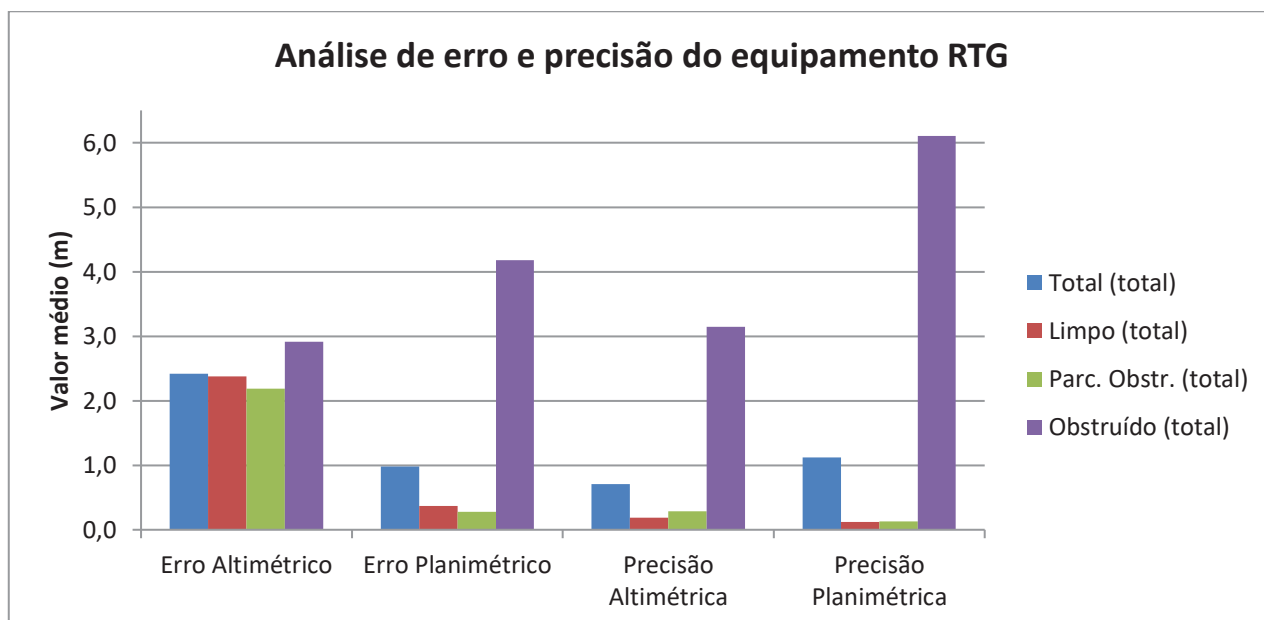


FIGURA 33 - Análise de erro e precisão do equipamento RTG com a totalidade das soluções.

FONTE: O autor (2015).

Com as soluções Diferencial GPS SPS, os pontos parcialmente obstruídos apresentaram os menores erros, enquanto que os pontos limpos apresentaram as menores precisões (assim como o observado com a totalidade das soluções) (FIGURA 34).

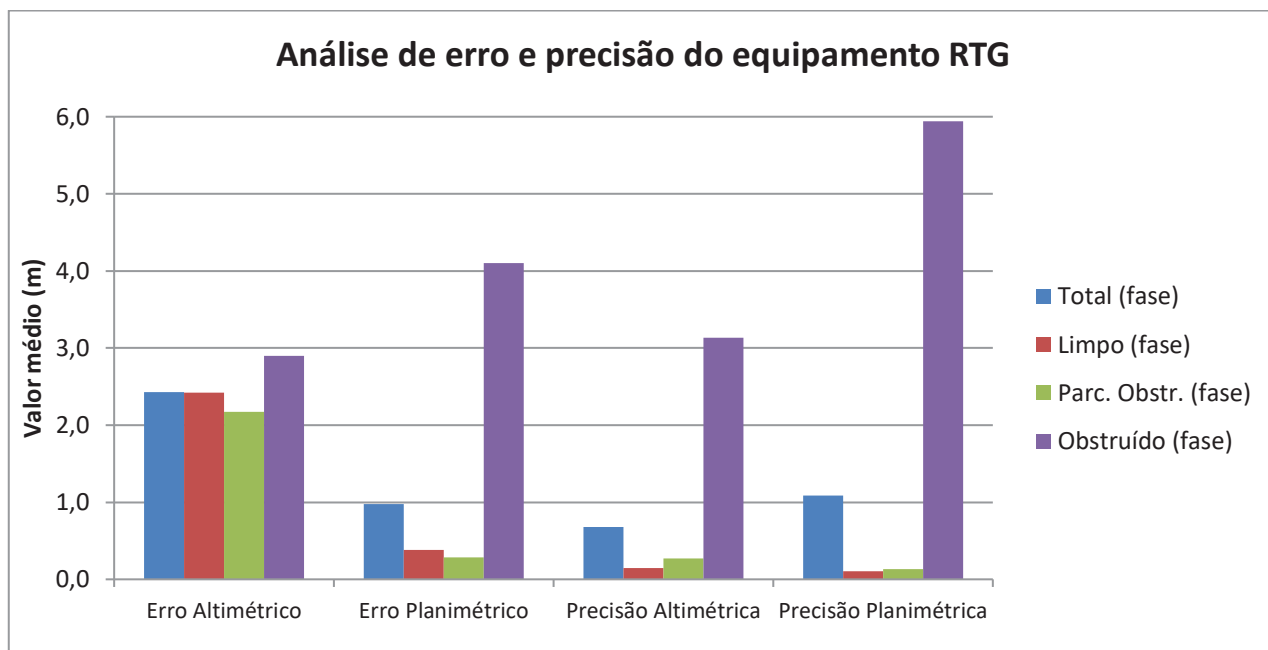


FIGURA 34 – Análise de erro e precisão do equipamento RTG com as soluções Diferencial GPS SPS.

FONTE: O autor (2015).

Os dados relativos ao erro e à precisão referentes ao equipamento RTG, obtidos nesta seção, foram ordenados na TABELA 82.

TABELA 82 – Análise de erro e precisão do equipamento RTG.

Análise de erro e precisão do equipamento RTG (m)				
	Erro Altimétrico	Erro Planimétrico	Precisão Altimétrica	Precisão Planimétrica
Total (total)	2,4144	0,9809	0,7051	1,1227
Total (fase)	2,4310	0,9751	0,6790	1,0842
Limpo (total)	2,3779	0,3722	0,1840	0,1226
Limpo (fase)	2,4191	0,3818	0,1461	0,1026
Parc. Obstr. (total)	2,1887	0,2818	0,2849	0,1322
Parc. Obstr. (fase)	2,1753	0,2843	0,2701	0,1312
Obstruído (total)	2,9124	4,1750	3,1424	6,1074
Obstruído (fase)	2,8969	4,1042	3,1367	5,9441

FONTE: O autor (2015).

4.1.3 Análise do erro e da precisão dos 10 pontos agrupados por tipo de obstrução para os diferentes levantamentos

Para a realização da comparação entre os resultados obtidos pelos equipamentos Diferencial GPS utilizados na execução dos levantamentos referentes ao Experimento 01 (RTK, RTK via NTRIP e RTG), foram utilizados os erros e as precisões obtidos nos cálculos realizados com as soluções fase/Diferencial GPS SPS. Nos levantamentos realizados em terreno classificado como limpos (em relação às obstruções de recepção dos sinais dos satélites GNSS), o equipamento RTK apresentou menores valores médios para os erros, enquanto que o equipamento NTRIP apresentou menores precisões (FIGURA 35).

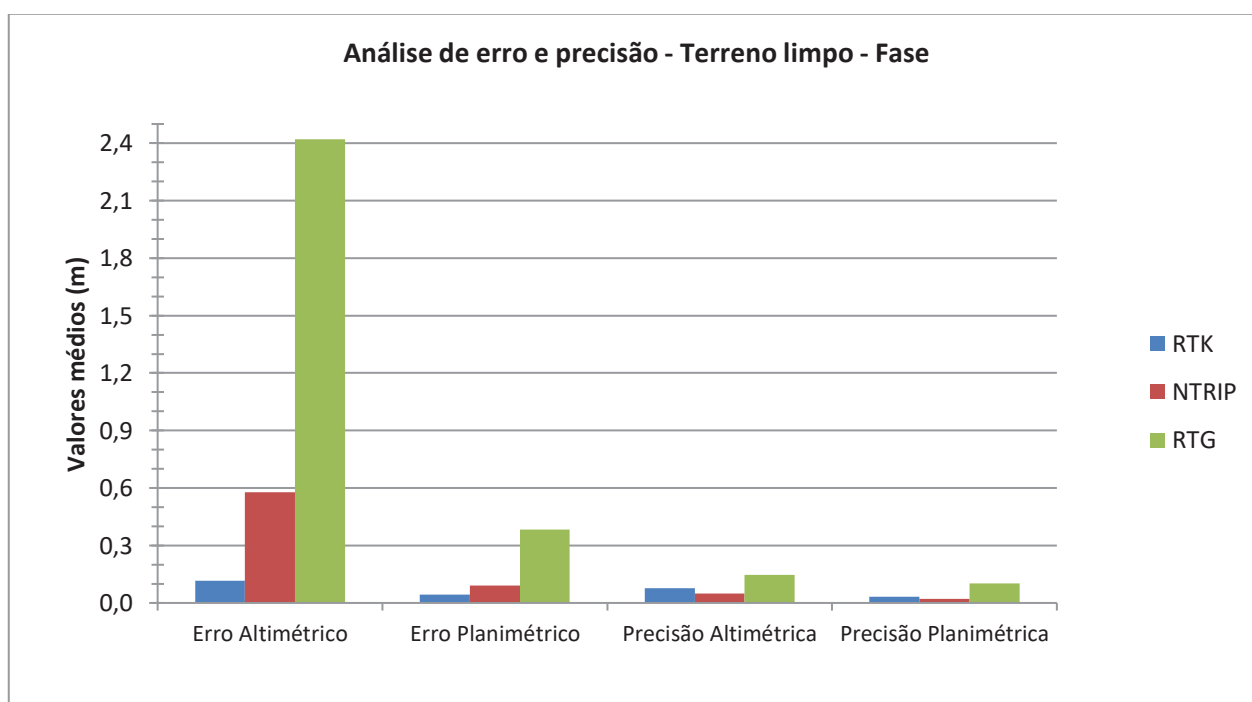


FIGURA 35 - Análise de erro e precisão dos levantamentos realizados em terreno limpo com as soluções fase/Diferencial GPS SPS.

FONTE: O autor (2015).

Nos levantamentos realizados em terrenos parcialmente obstruídos, observou-se que o equipamento que apresentou menores valores médios em relação ao erro e à precisão, tanto altimétrica como planimetricamente foi o RTK, seguido pelo NTRIP (FIGURA 36).

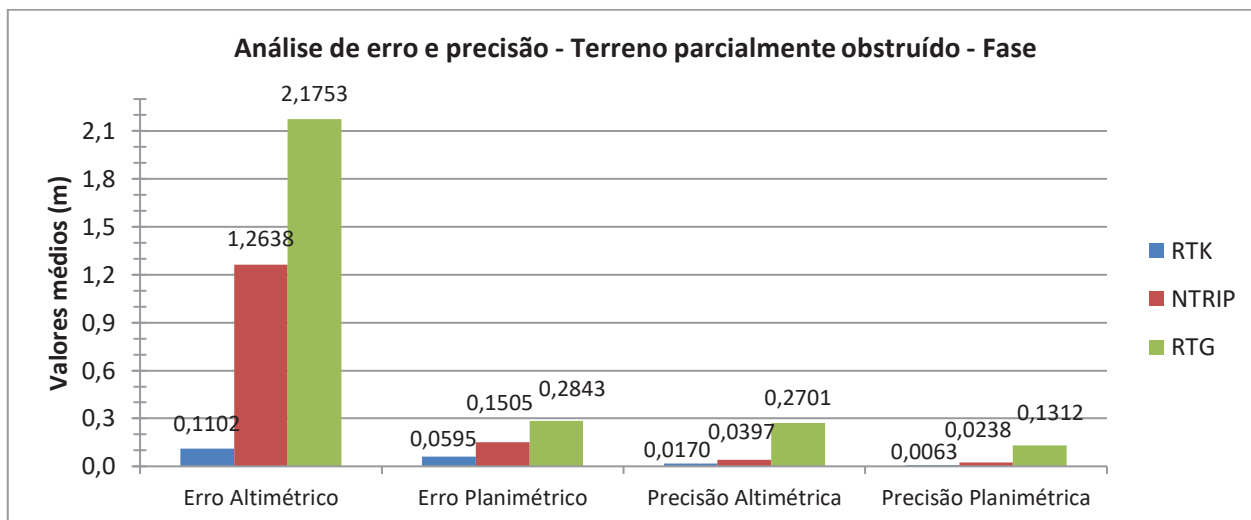


FIGURA 36 - Análise de erro e precisão dos levantamentos realizados em terreno parcialmente obstruído com as soluções fase/Diferencial GPS SPS.

FONTE: O autor (2015).

Nos levantamentos realizados em terrenos obstruídos, não foi possível obter nenhuma solução fase utilizando o equipamento RTK. Dentre os dois equipamentos restantes, o NTRIP apresentou melhores valores médios em erro e precisão altimétrica e planimétrica (FIGURA 37).

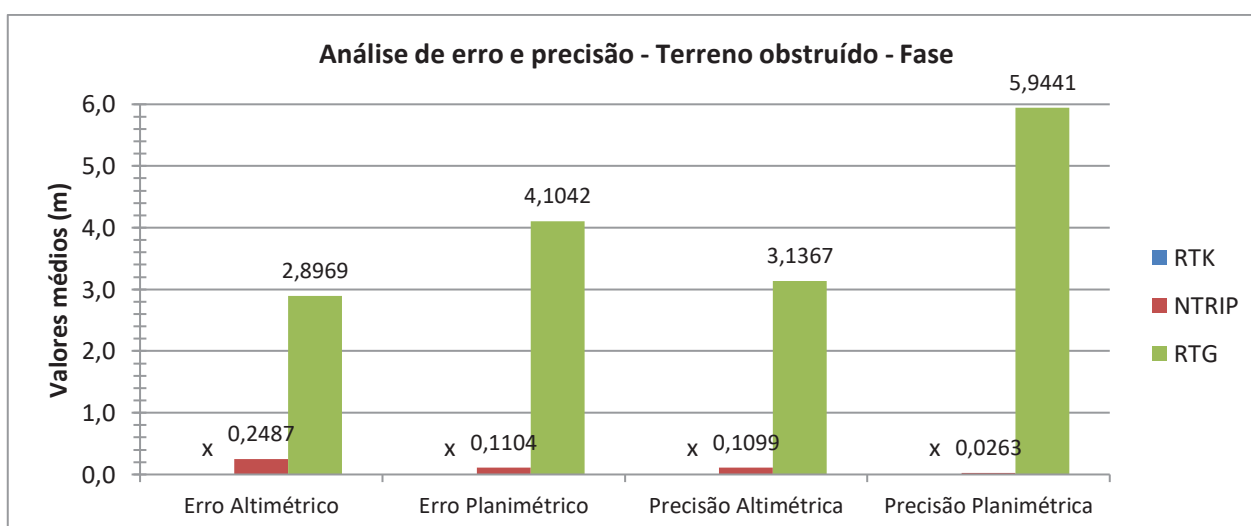


FIGURA 37 – Análise de erro e precisão dos levantamentos realizados em terreno obstruído com as soluções fase/Diferencial GPS SPS.

FONTE: O autor (2015).

4.1.4 Análise do erro e da precisão dos 10 pontos para os levantamentos diferenciais em relação à filtragem

4.1.4.1 RTK

Da aplicação dos filtros em todas as observações obtidas nas 10 localidades onde foram realizados os rastreios GPS com o referido equipamento, verificou-se melhora em erro e precisão, tanto em altimetria quanto em planimetria, quando da comparação com os cálculos realizados com a totalidade das soluções sem a utilização de filtros, com exceção do erro planimétrico com a utilização do filtro de máscara (FIGURA 38).

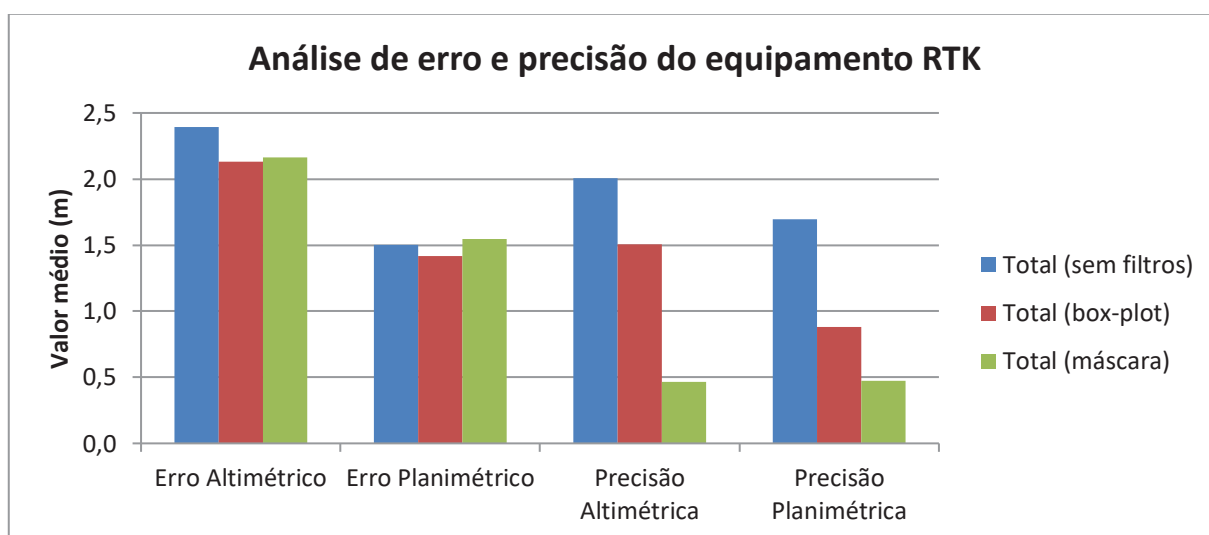


FIGURA 38 – Análise de erro e precisão do equipamento RTK com a totalidade das soluções (com e sem o uso dos filtros).

FONTE: O autor (2015).

Quando da utilização apenas das soluções fase, verificou-se a diminuição da ordem de grandeza dos valores calculados de metros para décimos de centímetros. Observou-se também a diminuição dos valores referentes ao erro e à precisão quando da utilização dos filtros, com exceção do erro planimétrico obtido com o emprego do filtro de máscara (FIGURA 39).

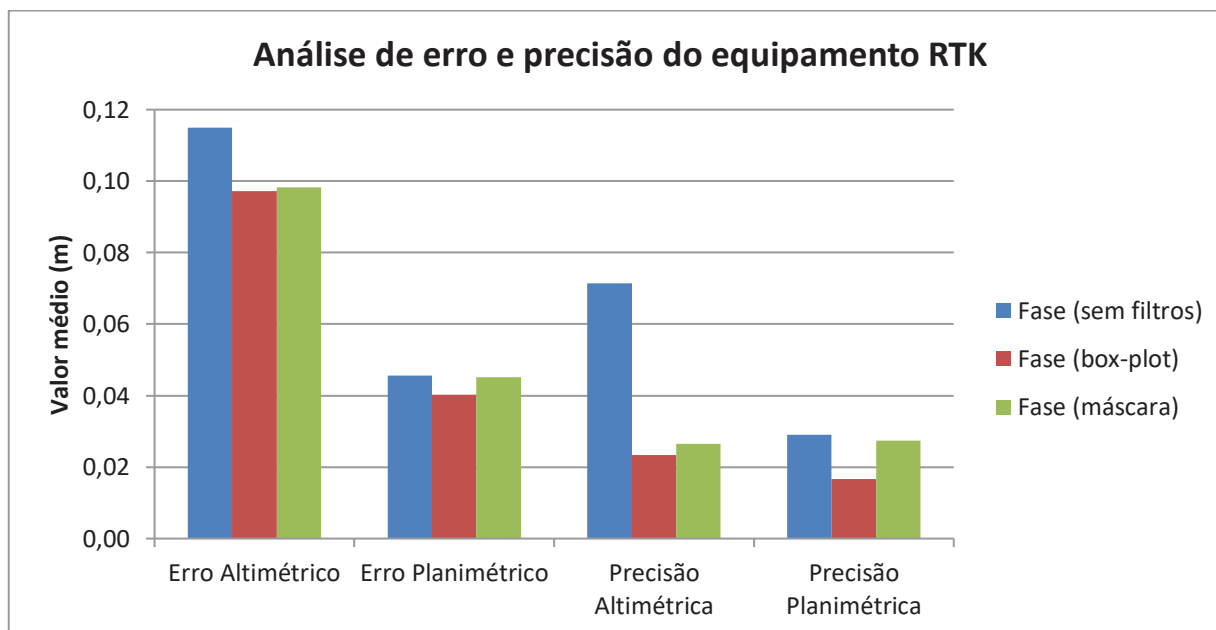


FIGURA 39 - Análise de erro e precisão do equipamento RTK com as soluções fase (com e sem o uso dos filtros).

FONTE: O autor (2015).

Os dados relativos ao erro e à precisão referentes ao equipamento RTK, com e sem a utilização dos filtros, apresentados nesta seção, foram ordenados na TABELA 83 com o intuito de permitir análise mais apurada dos resultados obtidos.

TABELA 83 – Análise de erro e precisão do equipamento RTK.

Análise de erro e precisão do equipamento RTK (m)				
	Erro Altimétrico	Erro Planimétrico	Precisão Altimétrica	Precisão Planimétrica
Total (sem filtros)	2,3917	1,5021	2,0075	1,6957
Total (box-plot)	2,1305	1,4182	1,5073	0,8802
Total (máscara)	2,1643	1,5455	0,4637	0,4749
Fase (sem filtros)	0,1149	0,0456	0,0714	0,0291
Fase (box-plot)	0,0972	0,0402	0,0234	0,0167
Fase (máscara)	0,0983	0,0451	0,0265	0,0274

FONTE: O autor (2015).

4.1.4.2 NTRIP

Da aplicação dos filtros em todas as observações obtidas nas 10 localidades onde foram realizados os rastreios GNSS com o equipamento NTRIP, verificou-se melhora em erro e precisão, tanto em altimetria quanto em planimetria, quando da comparação com os cálculos realizados com a totalidade das soluções sem a utilização de filtros (FIGURA 40).

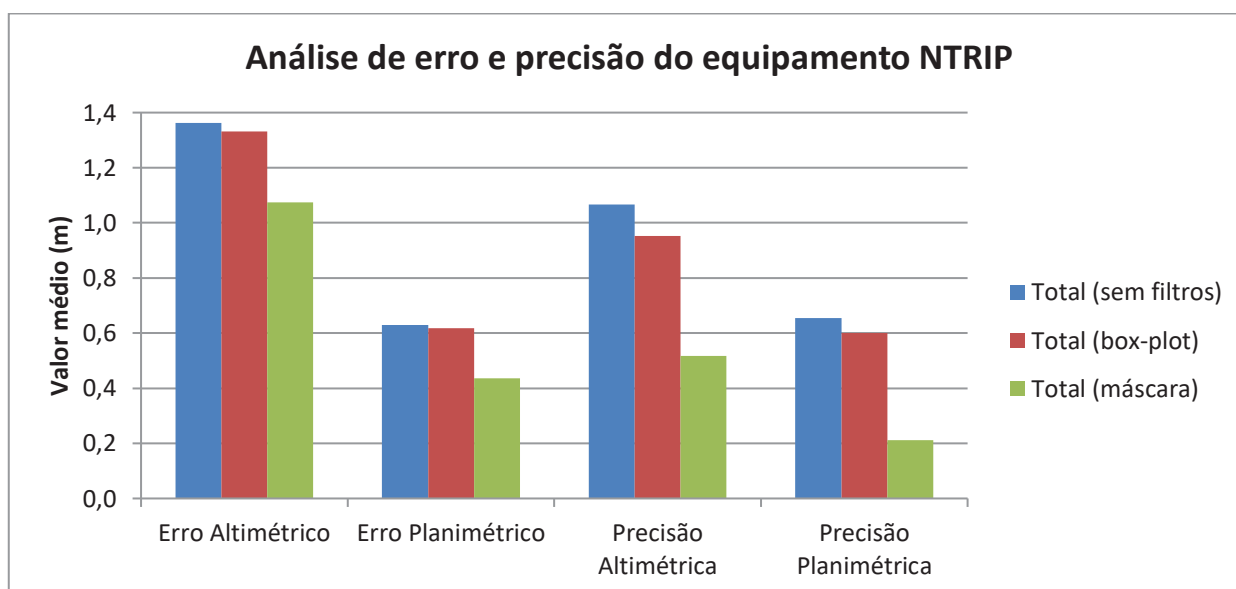


FIGURA 40 - Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP com a totalidade das soluções (com e sem o uso dos filtros).

FONTE: O autor (2015).

Utilizando somente as observações com soluções fase, verificou-se a diminuição da ordem de grandeza em milímetros entre os valores calculados sem filtros para os com filtros. Em todos os casos, a aplicação dos filtros resultou em diminuição do erro e da precisão obtidos em relação aos calculados sem a utilização dos mesmos (FIGURA 41).

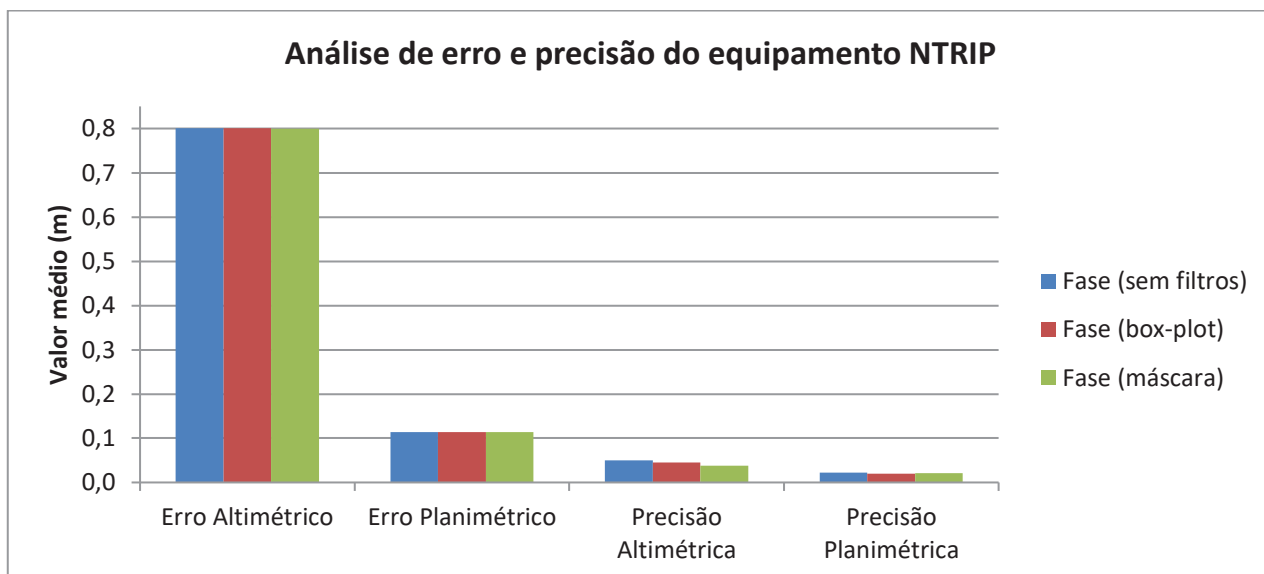


FIGURA 41 – Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP com as soluções fase (com e sem o uso dos filtros).

FONTE: O autor (2015).

Os dados relativos ao erro e à precisão, apresentados nesta seção, referentes ao equipamento NTRIP, com e sem a utilização dos filtros, foram ordenados na TABELA 84, com o intuito de permitir compreensão e análise mais apurada dos resultados obtidos.

TABELA 84 – Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP.

Análise de erro e precisão do equipamento NTRIP (m)				
	Erro Altimétrico	Erro Planimétrico	Precisão Altimétrica	Precisão Planimétrica
Total (sem filtros)	1,3619	0,6303	1,0660	0,6547
Total (box-plot)	1,3317	0,6170	0,9526	0,6006
Total (máscara)	1,0733	0,4354	0,5176	0,2115
Fase (sem filtros)	0,8013	0,1136	0,0496	0,0223
Fase (box-plot)	0,8009	0,1134	0,0454	0,0199
Fase (máscara)	0,7995	0,1135	0,0383	0,0214

FONTE: O autor (2015).

4.1.4.3 RTG

Como resultado da aplicação dos filtros em todas as observações obtidas nas 10 localidades onde foram realizados os rastreios GNSS com o equipamento RTG, verificou-se melhora em erro e precisão, tanto em altimetria quanto em planimetria, quando da comparação com os cálculos realizados com a totalidade das soluções sem a utilização de filtros, sendo o filtro de máscara o que obteve os menores valores (FIGURA 42).

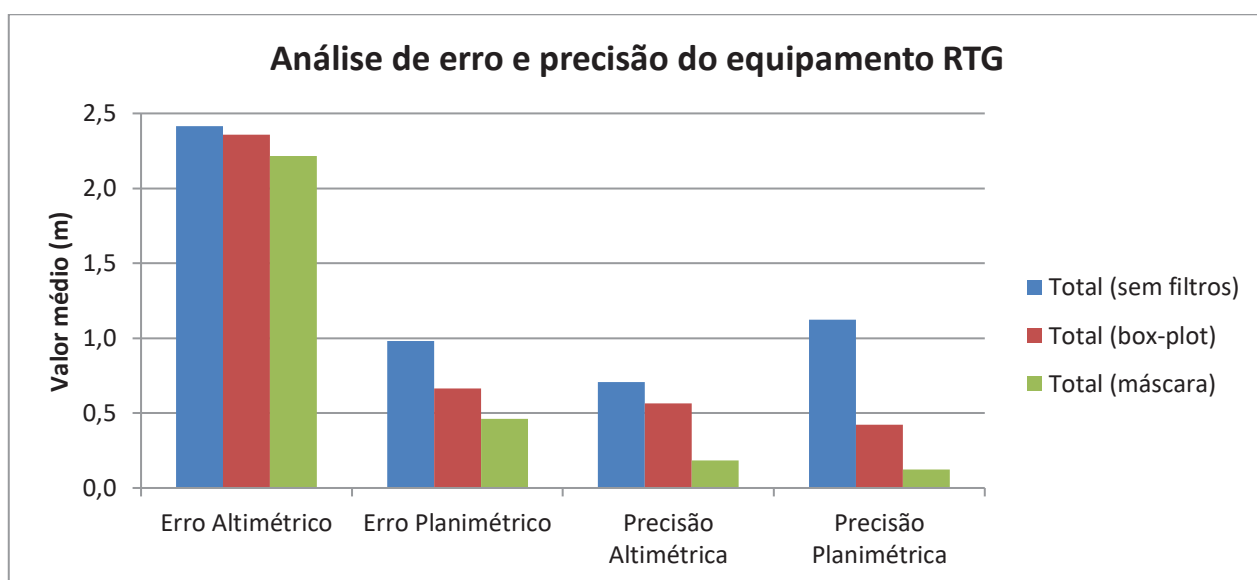


FIGURA 42- Análise de erro e precisão do equipamento RTG com a totalidade das soluções (com e sem o uso dos filtros).

FONTE: O autor (2015).

Aplicando os filtros somente nas observações com as soluções Diferenciais GPS SPS, verificou-se a diminuição da ordem de grandeza dos valores calculados sem filtros para os com filtros de decímetros. Em todos os casos, a aplicação dos filtros resultou em diminuição do erro e da precisão obtidos em relação aos calculados sem a utilização dos mesmos, sendo o filtro de máscara o que obteve os menores valores (FIGURA 43).

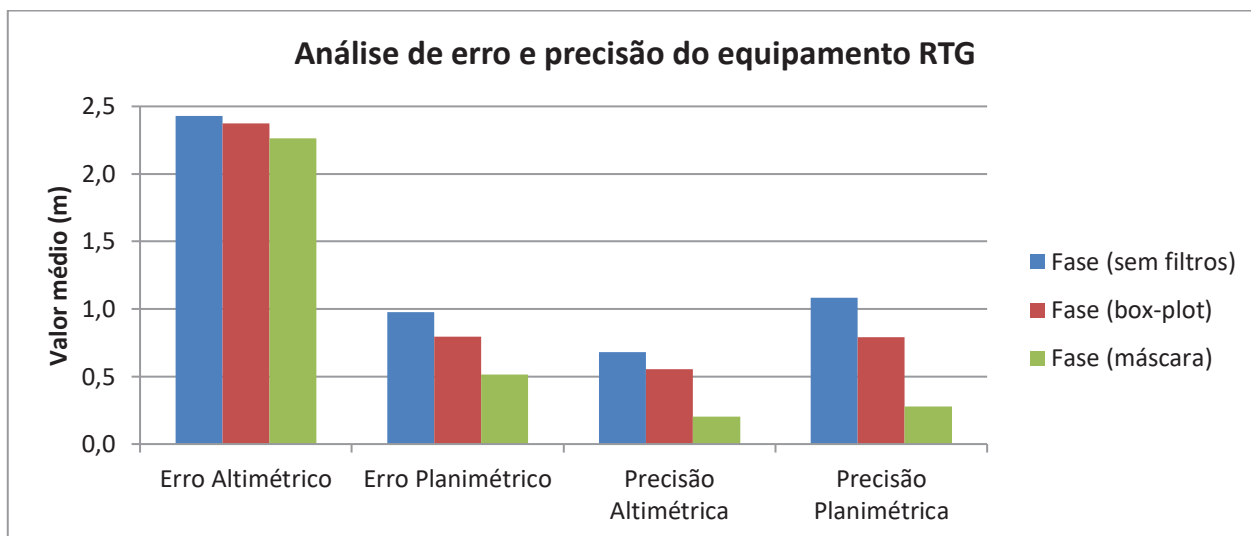


FIGURA 43 – Análise de erro e precisão do equipamento RTG com as soluções Diferencial GPS SPS (com e sem o uso dos filtros).

FONTE: O autor (2015).

Os dados relativos ao erro e à precisão, apresentados nesta seção, referentes ao equipamento RTG, com e sem a utilização dos filtros, estão contidos na TABELA 85.

TABELA 85 – Análise de erro e precisão do equipamento RTG.

Análise de erro e precisão do equipamento RTG (m)				
	Erro Altimétrico	Erro Planimétrico	Precisão Altimétrica	Precisão Planimétrica
Total (sem filtros)	2,4144	0,9809	0,7051	1,1227
Total (box-plot)	2,3569	0,6628	0,5655	0,4218
Total (máscara)	2,2152	0,4628	0,1825	0,1236
Fase (sem filtros)	2,4310	0,9751	0,6790	1,0842
Fase (box-plot)	2,3742	0,7944	0,5525	0,7900
Fase (máscara)	2,2643	0,5158	0,2035	0,2782

FONTE: O autor (2015).

4.1.5 Análise dos coeficientes de determinação quando da aplicação do filtro de máscara para cada um dos levantamentos realizados

A análise dos coeficientes de determinação das linhas de tendência utilizadas no filtro de máscara permite conhecer e analisar o quanto a reta utilizada explica a relação entre as variáveis selecionadas na realização da regressão linear simples.

Os coeficientes de correlação representam a medida do grau de correlação linear entre duas variáveis quantitativas. O seu valor ao se aproximar de 1 (+1 ou -1) representa maior correlação (positiva ou negativa) e ao se aproximar de 0 representa menor correlação linear.

A TABELA 86 apresenta os valores dos coeficientes de determinação e os módulos dos coeficientes de correlação de todos os levantamentos realizados no Experimento 01, considerando as variáveis (Componente Este e tempo). Analisando os valores obtidos, o maior coeficiente de determinação encontrado foi no PE06, com o equipamento 02-RTG (0,9454), e o menor foi no PE08, com o equipamento 02-RTK (0,0000). De todos os 58 rastreios realizados, 11 apresentaram o coeficiente de determinação superior a 50% (0,5).

As regressões lineares realizadas, considerando-se somente as soluções fase/Diferencial GPS SPS, apresentaram o maior coeficiente de determinação encontrado no PE06, com o equipamento 02-RTG (0,9454), e o menor no PE04, também com o equipamento 01-RTK (0,0002) (TABELA 87). De todos os 58 rastreios realizados, 11 apresentaram o coeficiente de determinação superior a 50% (0,5).

TABELA 86 – Análise da regressão linear planimétrica para a totalidade das soluções.

Análise da regressão linear planimétrica (E x t) - Total					
Levantamento	Coeficiente de determinação	Coeficiente de correlação	Levantamento	Coeficiente de determinação	Coeficiente de correlação
PE01 - 01 - RTK	0,1273	0,3568	PE06 - 01 - RTK	0,0655	0,2559
PE01 - 02 - RTK	0,0156	0,1250	PE06 - 02 - RTK	0,3456	0,5879
PE01 - 01 - NTRIP	0,0040	0,0634	PE06 - 01 - NTRIP	0,5623	0,7499
PE01 - 02 - NTRIP	0,0006	0,0252	PE06 - 02 - NTRIP	0,1672	0,4089
PE01 - 01 - RTG	0,6048	0,7777	PE06 - 01 - RTG	0,8324	0,9124
PE01 - 02 - RTG	0,0481	0,2192	PE06 - 02 - RTG	0,9454	0,9723
PE02 - 01 - RTK	0,1795	0,4237	PE07 - 01 - RTK	0,1320	0,3633
PE02 - 02 - RTK	0,9053	0,9515	PE07 - 02 - RTK	0,0068	0,0824
PE02 - 01 - NTRIP	0,1680	0,4099	PE07 - 01 - NTRIP	0,0005	0,0214
PE02 - 02 - NTRIP	0,0921	0,3034	PE07 - 02 - NTRIP	0,4547	0,6743
PE02 - 01 - RTG	0,3591	0,5993	PE07 - 01 - RTG	0,1313	0,3623
PE02 - 02 - RTG	0,7929	0,8905	PE07 - 02 - RTG	0,0427	0,2067
PE03 - 01 - RTK	0,3460	0,5882	PE08 - 01 - RTK	0,0801	0,2830
PE03 - 02 - RTK	0,0149	0,1221	PE08 - 02 - RTK	0,0000	0,0066
PE03 - 01 - NTRIP	0,1604	0,4004	PE08 - 01 - NTRIP	0,1230	0,3507
PE03 - 02 - NTRIP	0,0630	0,2509	PE08 - 02 - NTRIP	0,3711	0,6092
PE03 - 01 - RTG	0,7192	0,8481	PE08 - 02 - RTG	0,6403	0,8002
PE03 - 02 - RTG	0,0269	0,1640	PE09 - 02 - RTK	0,0673	0,2593
PE04 - 01 - RTK	0,0002	0,0150	PE09 - 01 - NTRIP	0,0080	0,0892
PE04 - 02 - RTK	0,0115	0,1074	PE09 - 02 - NTRIP	0,0461	0,2148
PE04 - 01 - NTRIP	0,0180	0,1341	PE09 - 01 - RTG	0,1859	0,4312
PE04 - 02 - NTRIP	0,0255	0,1598	PE09 - 02 - RTG	0,0286	0,1690
PE04 - 01 - RTG	0,0507	0,2251	PE10 - 01 - RTK	0,0154	0,1242
PE04 - 02 - RTG	0,1447	0,3804	PE10 - 02 - RTK	0,0001	0,0102
PE05 - 01 - RTK	0,0348	0,1865	PE10 - 01 - NTRIP	0,0377	0,1941
PE05 - 02 - RTK	0,2783	0,5276	PE10 - 02 - NTRIP	0,0289	0,1700
PE05 - 01 - NTRIP	0,0150	0,1226	PE10 - 01 - RTG	0,8300	0,9110
PE05 - 02 - NTRIP	0,0315	0,1776	PE10 - 02 - RTG	0,8367	0,9147
PE05 - 01 - RTG	0,6310	0,7943			
PE05 - 02 - RTG	0,1451	0,3809			

FONTE: O autor (2015).

TABELA 87 – Análise da regressão linear planimétrica para as soluções fase/Diferencial GPS SPS.

Análise da regressão linear planimétrica (E x t) - Fase					
Levantamento	Coefficiente de determinação	Coefficiente de correlação	Levantamento	Coefficiente de determinação	Coefficiente de correlação
PE01 - 01 - RTK	0,1075	0,3279	PE06 - 01 - RTK	x	x
PE01 - 02 - RTK	0,0314	0,1771	PE06 - 02 - RTK	x	x
PE01 - 01 - NTRIP	0,0034	0,0580	PE06 - 01 - NTRIP	0,5623	0,7499
PE01 - 02 - NTRIP	0,0023	0,0482	PE06 - 02 - NTRIP	0,0786	0,2803
PE01 - 01 - RTG	0,6048	0,7777	PE06 - 01 - RTG	0,8324	0,9124
PE01 - 02 - RTG	0,0481	0,2192	PE06 - 02 - RTG	0,9454	0,9723
PE02 - 01 - RTK	x	x	PE07 - 01 - RTK	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	PE07 - 02 - RTK	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	0,1678	0,4097	PE07 - 01 - NTRIP	x	x
PE02 - 02 - NTRIP	0,0921	0,3034	PE07 - 02 - NTRIP	x	x
PE02 - 01 - RTG	0,3591	0,5993	PE07 - 01 - RTG	0,1313	0,3623
PE02 - 02 - RTG	0,7929	0,8905	PE07 - 02 - RTG	0,3886	0,6234
PE03 - 01 - RTK	x	x	PE08 - 01 - RTK	0,1180	0,3435
PE03 - 02 - RTK	x	x	PE08 - 02 - RTK	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	0,0198	0,1407	PE08 - 01 - NTRIP	0,4783	0,6916
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	PE08 - 02 - NTRIP	0,3263	0,5712
PE03 - 01 - RTG	0,7192	0,8481	PE08 - 02 - RTG	0,6339	0,7962
PE03 - 02 - RTG	0,4378	0,6617	PE09 - 02 - RTK	x	x
PE04 - 01 - RTK	0,0002	0,0150	PE09 - 01 - NTRIP	0,0888	0,2980
PE04 - 02 - RTK	0,0055	0,0744	PE09 - 02 - NTRIP	0,0365	0,1910
PE04 - 01 - NTRIP	0,1326	0,3642	PE09 - 01 - RTG	0,1859	0,4312
PE04 - 02 - NTRIP	0,0255	0,1598	PE09 - 02 - RTG	0,0286	0,1690
PE04 - 01 - RTG	0,7506	0,8664	PE10 - 01 - RTK	0,0300	0,1731
PE04 - 02 - RTG	0,1447	0,3804	PE10 - 02 - RTK	0,3189	0,5647
PE05 - 01 - RTK	0,0019	0,0436	PE10 - 01 - NTRIP	0,0432	0,2077
PE05 - 02 - RTK	0,0273	0,1651	PE10 - 02 - NTRIP	0,3422	0,5850
PE05 - 01 - NTRIP	0,0135	0,1160	PE10 - 01 - RTG	0,8300	0,9110
PE05 - 02 - NTRIP	0,0126	0,1124	PE10 - 02 - RTG	0,8367	0,9147
PE05 - 01 - RTG	0,6310	0,7943			
PE05 - 02 - RTG	0,1451	0,3809			

FONTE: O autor (2015).

Analisando a média de todas as soluções, os valores do coeficiente de determinação e do módulo do coeficiente de correlação encontrados foram 0,2241 e 0,3770. Para as soluções fase/Diferencial GPS SPS, os valores médios encontrados foram 0,2781 e 0,4374 (FIGURA 44).

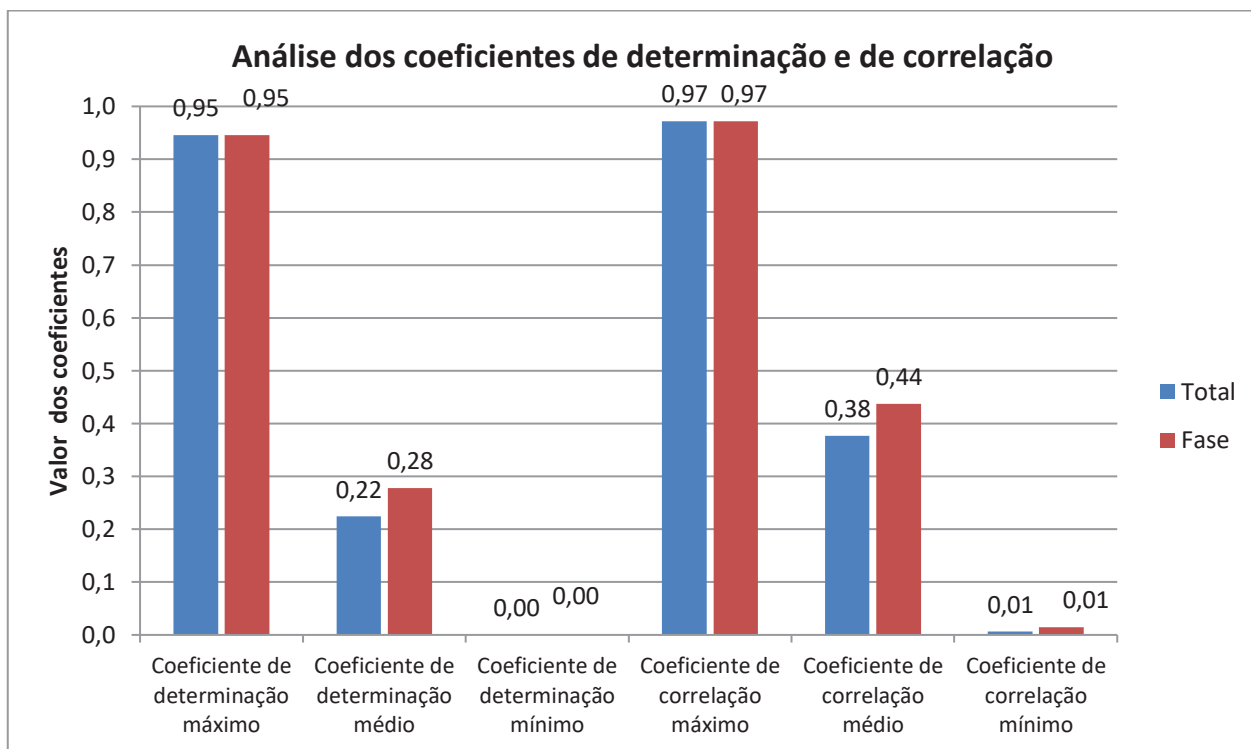


FIGURA 44 – Análise dos coeficientes de determinação e de correlação.

FONTE: O autor (2015).

4.1.6 Análise do ganho quando da aplicação dos filtros para cada um dos levantamentos realizados

A análise do ganho em erro e precisão visa quantificar comparativamente os resultados obtidos através da aplicação dos filtros nas observações em relação aos dados utilizados sem a aplicação dos mesmos.

A redução dos erros e das precisões, em valores absolutos e em valores percentuais dos totais apresentados, foi um dos objetivos da utilização dos filtros nas observações obtidas através dos levantamentos realizados. Da média realizada com os valores dos 58 levantamentos do Experimento 01, envolvendo os 03 equipamentos Diferencial GPS e os 03 tipos de terrenos ocupados, observou-se que a aplicação do filtro box-plot na totalidade das soluções obteve maior ganho em valores absolutos em erro altimétrico, e precisão altimétrica e planimétrica (FIGURA 45).

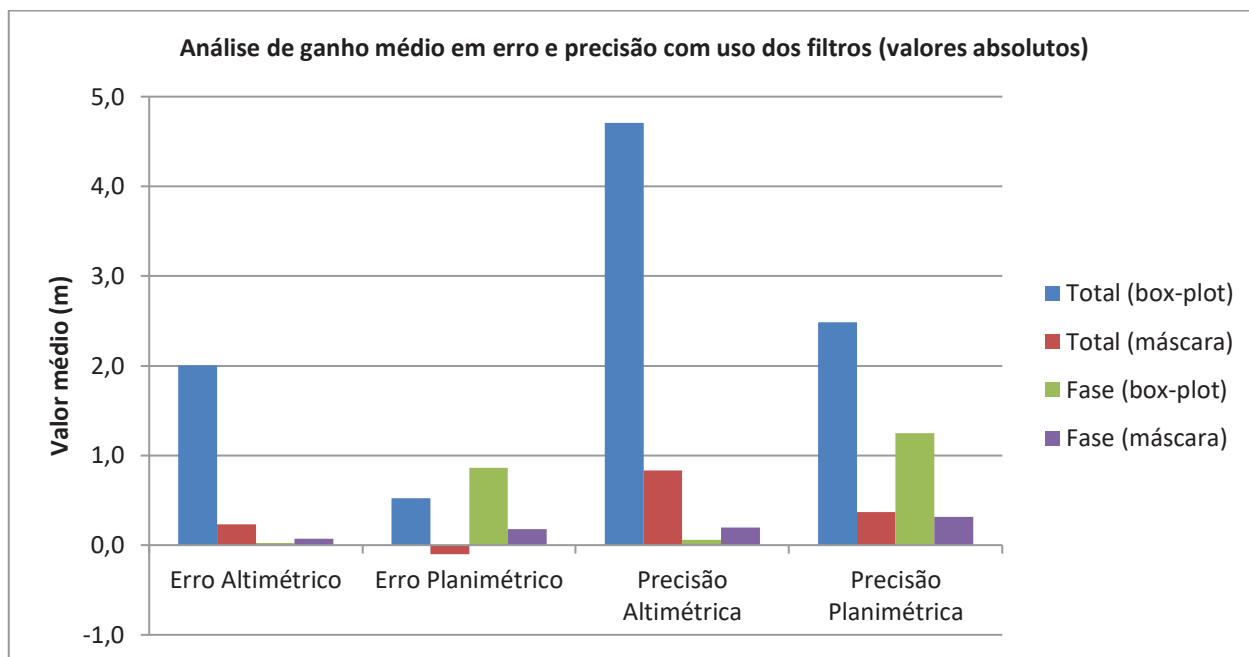


FIGURA 45 – Análise de ganho médio em erro e precisão com uso de filtros (valores absolutos)

FONTE: O autor (2015).

Analisando o ganho médio em erro e precisão com o uso dos filtros em valores percentuais, verificou-se que a aplicação do filtro de máscara na totalidade das observações obteve maior ganho em valores percentuais em erro altimétrico e precisão altimétrica e planimétrica (FIGURA 46).

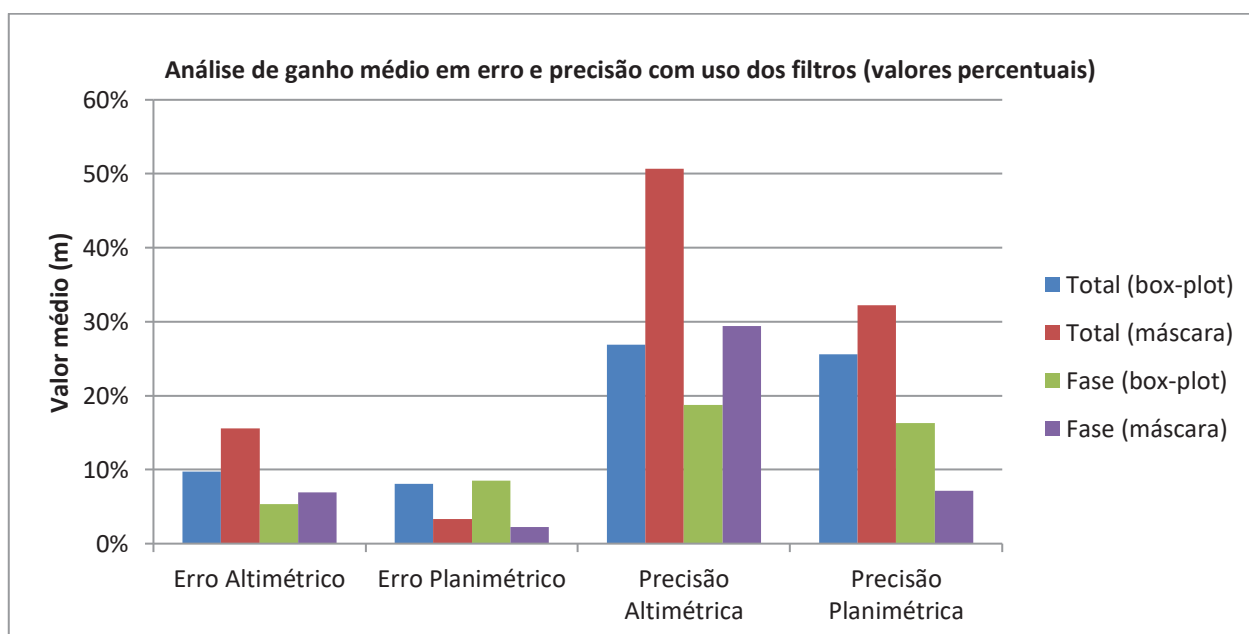


FIGURA 46 - Análise de ganho médio em erro e precisão com uso de filtros (valores percentuais)

FONTE: O autor (2015)

Para quantificar o ganho obtido com a utilização dos filtros, é apresentada na FIGURA 47 uma comparação entre os valores acumulados dos ganhos em erro e precisão, de onde se pode verificar que dos 58 levantamentos realizados, o erro altimétrico e a precisão planimétrica obtidos com o uso total das soluções com o uso do filtro box-plot foram superiores a 100 m, e a precisão altimétrica referente ao mesmo caso foi superior a 250 m.

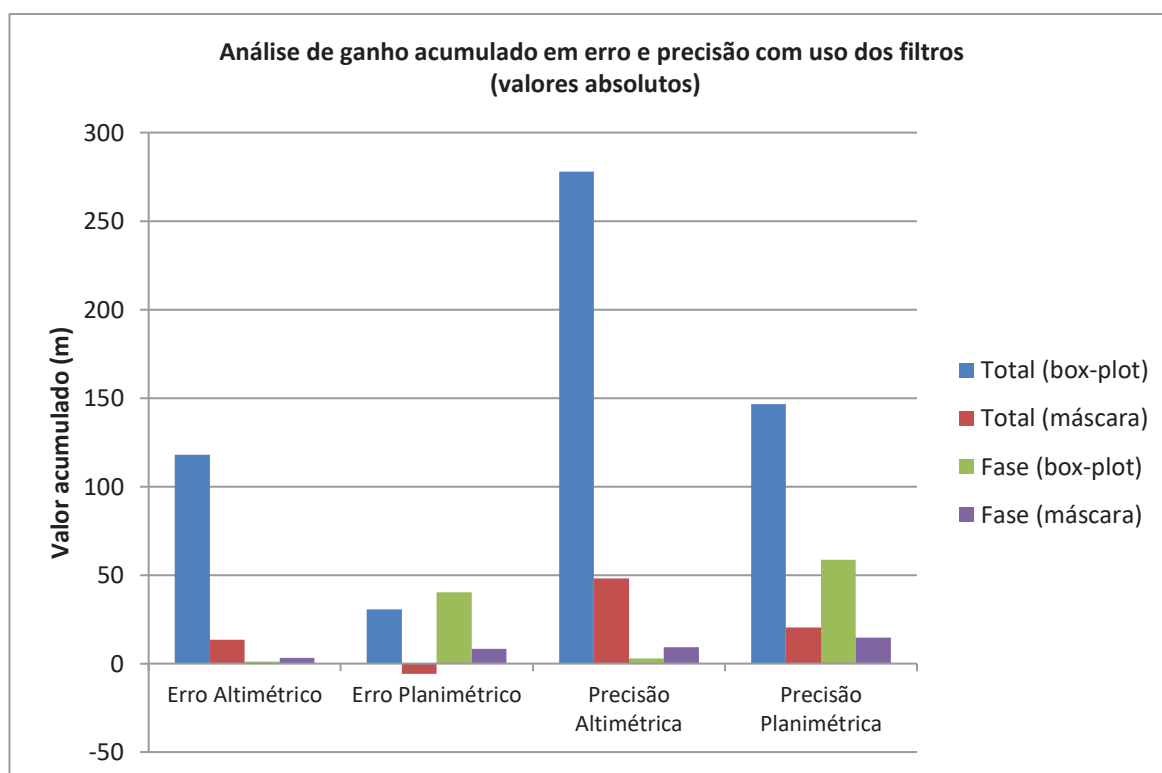


FIGURA 47 - Análise de ganho acumulado em erro e precisão com uso de filtros (valores absolutos).

FONTE: O autor (2015).

Já quando da realização da análise de ganho acumulado em valores absolutos, observou-se que a precisão altimétrica do uso do filtro de máscara no total de soluções teve valor acumulado superior a 2500%, e a precisão planimétrica do mesmo caso apresentado anteriormente com valor superior a 1500% (FIGURA 48).

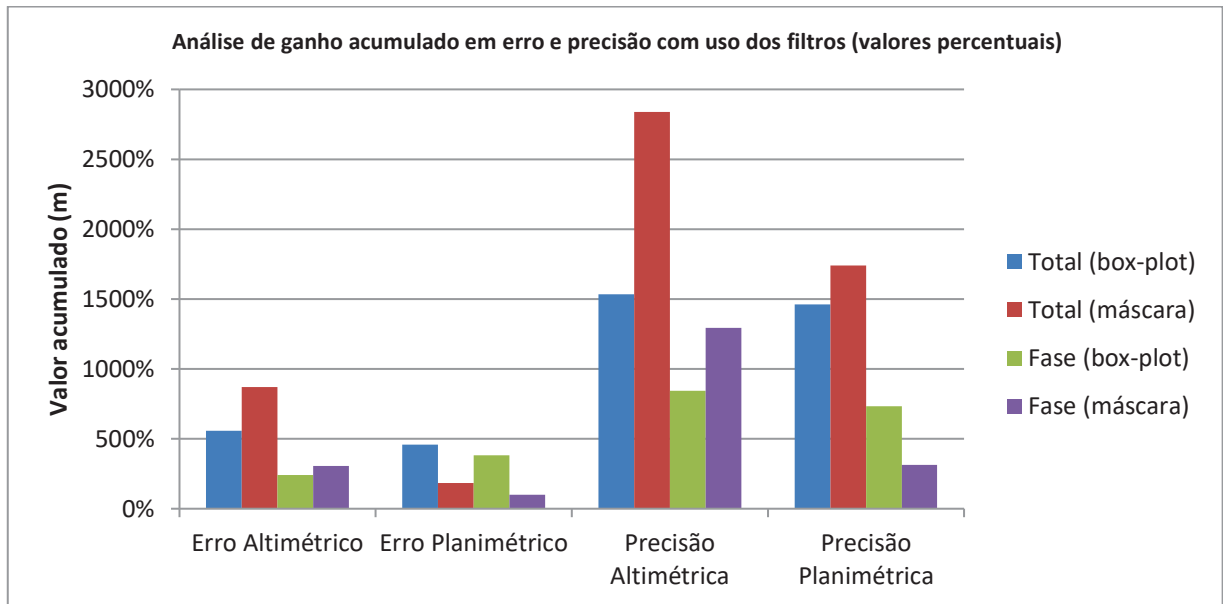


FIGURA 48 - Análise de ganho acumulado em erro e precisão com uso de filtros (valores percentuais).

FONTE: O autor (2015).

Considerando-se todos os levantamentos realizados no Experimento 01, verificou-se o comportamento quanto ao ganho (positivo, negativo ou nulo) em relação ao erro e à precisão quando do uso do filtro box-plot na FIGURA 49.

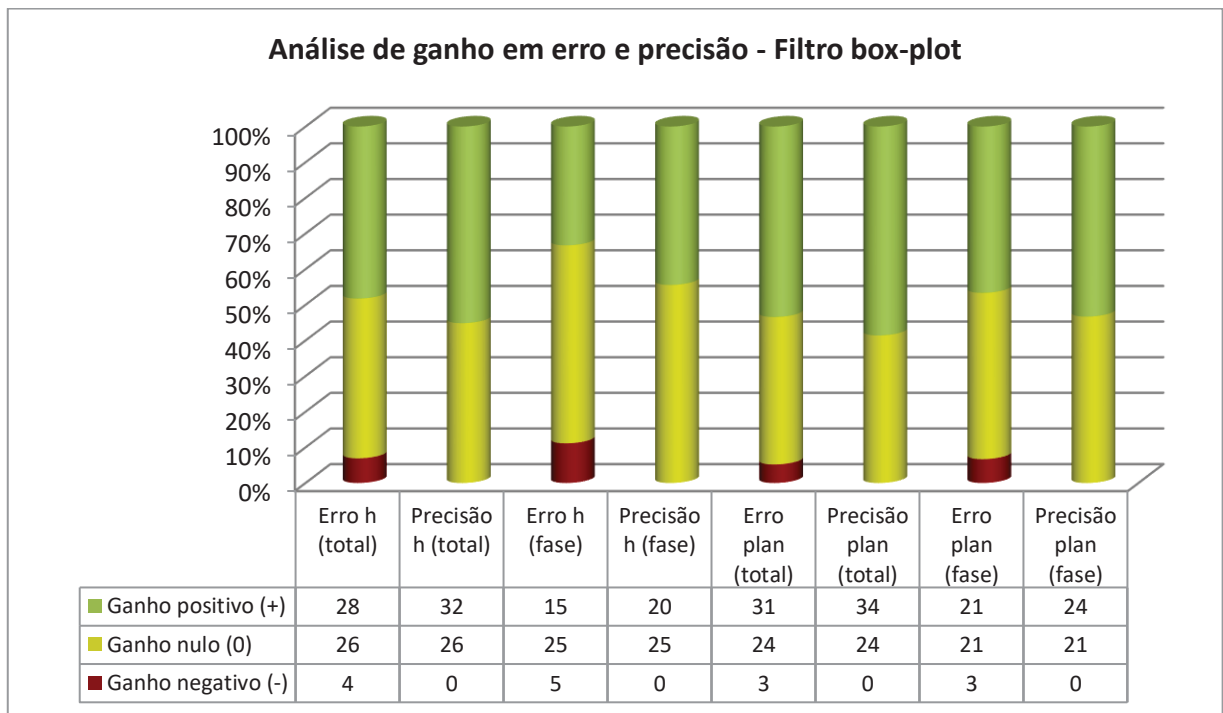


FIGURA 49 – Análise de ganho em erro e precisão com o uso do filtro box-plot.

FONTE: O autor (2015).

Na FIGURA 50, apresentou-se o comportamento do ganho em relação ao erro e à precisão dos levantamentos com o uso do filtro de máscara.

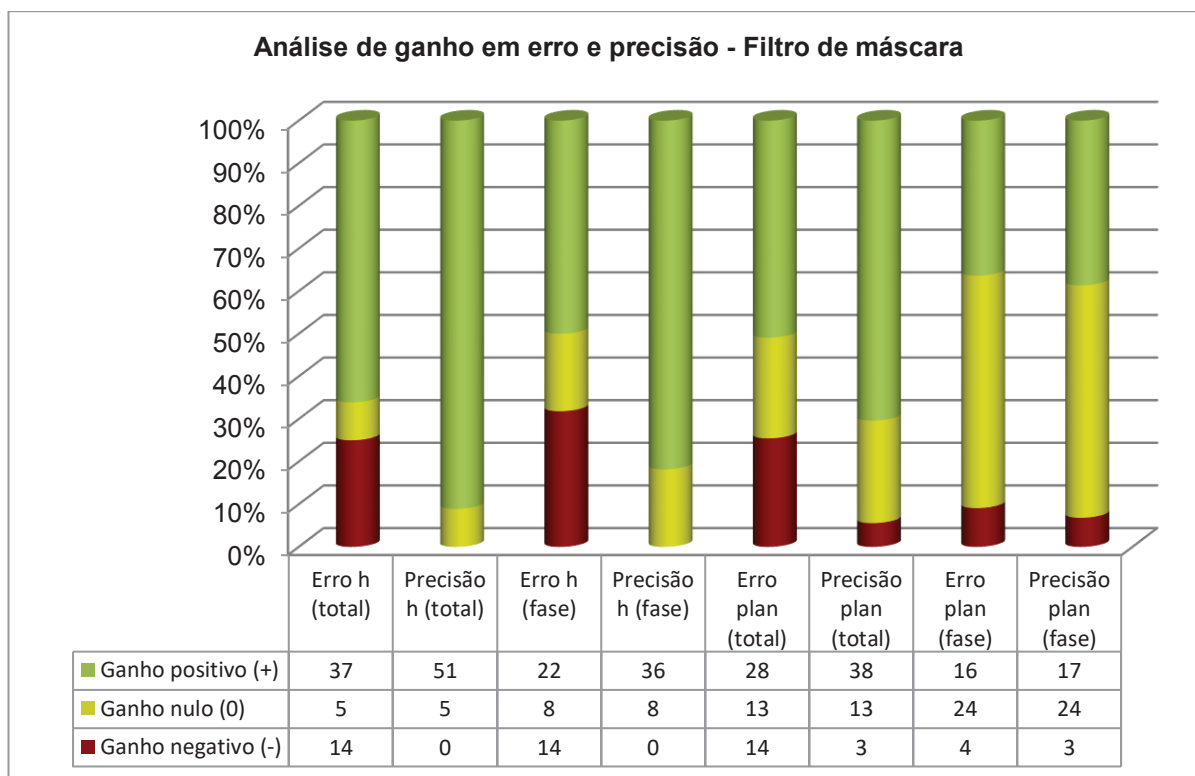


FIGURA 50 - Análise de ganho em erro e precisão com o uso do filtro de máscara.

FONTE: O autor (2015).

4.1.7 Análise da acurácia dos 10 pontos para os levantamentos diferenciais

Em relação à acurácia do PE01, verificou-se que as soluções fase/Diferencial GPS SPS apresentaram melhores resultados que a totalidade das soluções (TABELA 88). O 01-RTK apresenta valor discrepante com a totalidade das soluções, porém com a análise das acurácias usando somente as soluções fase, o resultado apresentado em todas acurácias (altimétrica, E, N e planimétrica) se torna melhor inclusive que alguns resultados obtidos com os levantamentos RTG e NTRIP.

TABELA 88 – Análise de acurácia do PE01.

Análise de acurácia do PE01 (valores em metros) - Soluções totais				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE01 - 01 - RTK	128867,0013	20912,1422	23719,5991	31621,9161
PE01 - 02 - RTK	0,9804	0,2659	0,4306	0,5067
PE01 - 01 - NTRIP	0,2869	0,1609	0,0524	0,1714
PE01 - 02 - NTRIP	0,6959	0,1207	0,1043	0,1646
PE01 - 01 - RTG	2,5463	0,2089	0,2617	0,3350
PE01 - 02 - RTG	2,5202	0,0838	0,2642	0,2844

Soluções fase				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE01 - 01 - RTK	0,3049	0,0269	0,0514	0,0580
PE01 - 02 - RTK	0,2931	0,0221	0,0257	0,0356
PE01 - 01 - NTRIP	0,2808	0,1381	0,0399	0,1457
PE01 - 02 - NTRIP	0,3047	0,0922	0,0561	0,1089
PE01 - 01 - RTG	2,5463	0,2089	0,2617	0,3350
PE01 - 02 - RTG	2,5202	0,0838	0,2642	0,2844

Soluções totais - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE01 - 01 - RTK	2,8551	0,6573	0,3387	0,7432
PE01 - 02 - RTK	0,2687	0,0093	0,0454	0,0467
PE01 - 01 - NTRIP	0,2772	0,1284	0,0369	0,1363
PE01 - 02 - NTRIP	0,3021	0,0893	0,0675	0,1173
PE01 - 01 - RTG	2,5463	0,2089	0,2617	0,3350
PE01 - 02 - RTG	2,5202	0,0838	0,2642	0,2844

Soluções fase - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE01 - 01 - RTK	0,2737	0,0169	0,0436	0,0469
PE01 - 02 - RTK	0,2682	0,0091	0,0208	0,0228
PE01 - 01 - NTRIP	0,2765	0,1284	0,0357	0,1355
PE01 - 02 - NTRIP	0,3015	0,0892	0,0538	0,1053
PE01 - 01 - RTG	2,5463	0,2089	0,2617	0,3350
PE01 - 02 - RTG	2,5202	0,0838	0,2642	0,2844

Soluções totais - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE01 - 01 - RTK	x	0,6573	0,3387	0,7432
PE01 - 02 - RTK	0,2808	0,0093	0,0454	0,0467
PE01 - 01 - NTRIP	0,2757	0,1284	0,0369	0,1363
PE01 - 02 - NTRIP	0,3034	0,0893	0,0675	0,1173
PE01 - 01 - RTG	2,5463	0,2089	0,2617	0,3350
PE01 - 02 - RTG	2,5202	0,0838	0,2642	0,2844

Soluções fase - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE01 - 01 - RTK	0,2728	0,0269	0,0514	0,0580
PE01 - 02 - RTK	0,2712	0,0161	0,0231	0,0292
PE01 - 01 - NTRIP	0,2757	0,1319	0,0368	0,1389
PE01 - 02 - NTRIP	0,3011	0,0922	0,0561	0,1089
PE01 - 01 - RTG	2,5463	0,2089	0,2617	0,3350
PE01 - 02 - RTG	2,5202	0,0838	0,2642	0,2844

FONTE: O autor (2015).

Quanto ao PE02, o 01-RTK e o 02-RTK não receberam soluções fase, e não possibilitaram o cálculo das acurácias nessa situação (tanto com quanto sem o uso dos filtros) (TABELA 89). Não foram obtidos em todas as análises deste ponto acurácias planimétricas com valores abaixo de 0,1 m.

O PE03 não recebeu soluções fase nos rastreios 01-RTK, 02-RTK e 02-NTRIP. Comparando os demais resultados com soluções fase com a totalidade das soluções, verificou-se melhora nas acurácias, com exceção feita ao 01-RTG. O filtro box-plot não apresentou nenhuma melhora em relação aos resultados com solução fase sem filtros, e o filtro de máscara com solução fase teve resultados com o 01-NTRIP e o 02-RTG (TABELA 90).

O 01-RTK, 02-RTG e o 02-NTRIP do PE04 não apresentaram melhora entre a totalidade das soluções e as soluções fase/Diferencial GPS SPS. Com a utilização dos filtros, observou-se melhora na acurácia em relação ao não uso dos mesmos (TABELA 91).

Sobre o PE05, com exceção dos levantamentos RTG, houve melhora em acurácia quando da utilização das soluções fase/Diferencia GPS SPS em relação a totalidade das soluções. O uso dos filtros também resultou em melhora dos valores em relação ao não uso deles (TABELA 92).

Os levantamentos RTK não apresentaram soluções fase no PE06. Somente o 02-NTRIP teve melhora em acurácia quando da utilização das soluções fase/Diferencia GPS SPS em relação à totalidade das soluções. O filtro box-plot com soluções fase apresentou melhora nos valores da acurácia da coordenada N do 02-NTRIP, e o filtro de máscara na acurácia h (altitude elipsoidal) do mesmo levantamento (TABELA 93).

TABELA 89 - Análise de acurácia do PE02.

Análise de acurácia do PE02 (valores em metros) - Soluções totais				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE02 - 01 - RTK	1,5285	1,1771	0,5174	1,3026
PE02 - 02 - RTK	1,2554	0,4059	0,6933	0,8062
PE02 - 01 - NTRIP	0,5215	0,1214	0,0468	0,1372
PE02 - 02 - NTRIP	0,4965	0,1083	0,0493	0,1238
PE02 - 01 - RTG	2,9308	0,2603	0,3008	0,3985
PE02 - 02 - RTG	2,7149	0,2535	0,2305	0,3444
Soluções fase				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	0,5079	0,1210	0,0346	0,1273
PE02 - 02 - NTRIP	0,4965	0,1083	0,0493	0,1238
PE02 - 01 - RTG	2,9308	0,2603	0,3008	0,3985
PE02 - 02 - RTG	2,7149	0,2535	0,2305	0,3444
Soluções totais - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE02 - 01 - RTK	1,5285	1,1771	0,5174	1,3026
PE02 - 02 - RTK	1,2554	0,4059	0,6933	0,8062
PE02 - 01 - NTRIP	0,5079	0,1210	0,0346	0,1273
PE02 - 02 - NTRIP	0,4965	0,1081	0,0493	0,1237
PE02 - 01 - RTG	2,9308	0,2474	0,2999	0,3892
PE02 - 02 - RTG	2,6514	0,2535	0,2305	0,3444
Soluções fase - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	0,5079	0,1210	0,0346	0,1273
PE02 - 02 - NTRIP	0,4965	0,1081	0,0493	0,1237
PE02 - 01 - RTG	2,9308	0,2474	0,2999	0,3892
PE02 - 02 - RTG	2,6514	0,2535	0,2305	0,3444
Soluções totais - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE02 - 01 - RTK	1,4581	1,1771	0,5174	1,3026
PE02 - 02 - RTK	1,1635	0,4059	0,6933	0,8062
PE02 - 01 - NTRIP	0,5071	0,1210	0,0346	0,1273
PE02 - 02 - NTRIP	0,4961	0,1081	0,0493	0,1237
PE02 - 01 - RTG	2,8637	0,2474	0,2999	0,3892
PE02 - 02 - RTG	2,6502	0,2535	0,2305	0,3444
Soluções fase - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	0,5071	0,1210	0,0346	0,1273
PE02 - 02 - NTRIP	0,4961	0,1083	0,0493	0,1238
PE02 - 01 - RTG	2,8637	0,2210	0,2924	0,3673
PE02 - 02 - RTG	2,6502	0,2535	0,2305	0,3444

FONTE: O autor (2015).

TABELA 90 - Análise de acurácia do PE03.

Análise de acurácia do PE03 (valores em metros) - Soluções totais				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE03 - 01 - RTK	6,3803	4,2915	1,9309	4,7106
PE03 - 02 - RTK	29,8831	7,0477	5,2003	8,7629
PE03 - 01 - NTRIP	1,7608	0,7057	1,0531	1,2777
PE03 - 02 - NTRIP	10,3270	3,1946	4,9339	5,8791
PE03 - 01 - RTG	2,3589	0,3901	0,4274	0,5787
PE03 - 02 - RTG	5,2072	2,1510	2,7744	3,7410
Soluções fase				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	0,3586	0,1241	0,0567	0,1367
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	2,3589	0,3901	0,4274	0,5787
PE03 - 02 - RTG	5,1438	2,0038	2,0083	3,0386
Soluções totais - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE03 - 01 - RTK	5,5537	4,2915	1,9309	4,7106
PE03 - 02 - RTK	20,3989	7,0477	5,2003	8,7629
PE03 - 01 - NTRIP	0,6539	0,4356	0,8419	0,9603
PE03 - 02 - NTRIP	10,3270	3,1946	4,9339	5,8791
PE03 - 01 - RTG	2,3589	0,3901	0,4274	0,5787
PE03 - 02 - RTG	5,2072	2,1510	2,7744	3,7410
Soluções fase - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	0,3586	0,1241	0,0567	0,1367
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	2,3589	0,3901	0,4274	0,5787
PE03 - 02 - RTG	5,1438	2,0038	2,0083	3,0386
Soluções totais - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE03 - 01 - RTK	4,0093	4,2915	1,9309	4,7106
PE03 - 02 - RTK	13,9655	7,0477	5,2003	8,7629
PE03 - 01 - NTRIP	0,3792	0,4356	0,8419	0,9603
PE03 - 02 - NTRIP	4,2064	3,1946	4,9339	5,8791
PE03 - 01 - RTG	2,2441	0,3901	0,4274	0,5787
PE03 - 02 - RTG	3,8674	2,1510	2,7744	3,7410
Soluções fase - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	0,3374	0,1241	0,0567	0,1367
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	2,2441	0,3563	0,4942	0,6093
PE03 - 02 - RTG	4,9151	1,8490	1,7735	2,7983

FONTE: O autor (2015).

TABELA 91 - Análise de acurácia do PE04.

Análise de acurácia do PE04 (valores em metros) - Soluções totais				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE04 - 01 - RTK	0,1069	0,0948	0,0597	0,1123
PE04 - 02 - RTK	0,1590	0,1061	0,0766	0,1310
PE04 - 01 - NTRIP	1,0033	0,2355	0,3744	0,4433
PE04 - 02 - NTRIP	0,1795	0,0390	0,0368	0,0548
PE04 - 01 - RTG	1,6074	0,7241	0,4708	0,8849
PE04 - 02 - RTG	4,1512	0,2826	0,9419	0,9835

Soluções fase				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE04 - 01 - RTK	0,1069	0,0948	0,0597	0,1123
PE04 - 02 - RTK	0,1102	0,0867	0,0754	0,1159
PE04 - 01 - NTRIP	0,1059	0,0429	0,0196	0,0499
PE04 - 02 - NTRIP	0,1795	0,0390	0,0368	0,0548
PE04 - 01 - RTG	1,6400	0,0861	0,7754	0,7812
PE04 - 02 - RTG	4,1512	0,2826	0,9419	0,9835

Soluções totais - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE04 - 01 - RTK	0,0815	0,0883	0,0563	0,1055
PE04 - 02 - RTK	0,0774	0,0837	0,0737	0,1134
PE04 - 01 - NTRIP	0,4785	0,0754	0,2587	0,2761
PE04 - 02 - NTRIP	0,1795	0,0367	0,0356	0,0527
PE04 - 01 - RTG	1,3794	0,6940	0,4545	0,8622
PE04 - 02 - RTG	4,1512	0,2826	0,9419	0,9835

Soluções fase - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE04 - 01 - RTK	0,0815	0,0883	0,0563	0,1055
PE04 - 02 - RTK	0,0773	0,0836	0,0734	0,1130
PE04 - 01 - NTRIP	0,1053	0,0429	0,0196	0,0499
PE04 - 02 - NTRIP	0,1795	0,0367	0,0356	0,0527
PE04 - 01 - RTG	1,6400	0,0861	0,7754	0,7812
PE04 - 02 - RTG	4,1512	0,2826	0,9419	0,9835

Soluções totais - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE04 - 01 - RTK	0,0822	0,0883	0,0563	0,1055
PE04 - 02 - RTK	0,0853	0,0837	0,0737	0,1134
PE04 - 01 - NTRIP	0,5080	0,0754	0,2587	0,2761
PE04 - 02 - NTRIP	0,1350	0,0367	0,0356	0,0527
PE04 - 01 - RTG	1,2580	0,6940	0,4545	0,8622
PE04 - 02 - RTG	3,5834	0,2826	0,9419	0,9835

Soluções fase - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE04 - 01 - RTK	0,0822	0,0927	0,0584	0,1099
PE04 - 02 - RTK	0,0846	0,0867	0,0754	0,1159
PE04 - 01 - NTRIP	0,1053	0,0429	0,0196	0,0499
PE04 - 02 - NTRIP	0,1350	0,0390	0,0368	0,0548
PE04 - 01 - RTG	1,6400	0,0861	0,7754	0,7812
PE04 - 02 - RTG	3,5834	0,2607	0,9194	0,9567

FONTE: O autor (2015).

TABELA 92 - Análise de acurácia do PE05.

Análise de acurácia do PE05 (valores em metros) - Soluções totais				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE05 - 01 - RTK	0,2854	0,0558	0,1069	0,1214
PE05 - 02 - RTK	2,0703	0,6945	1,9566	2,0768
PE05 - 01 - NTRIP	0,3310	0,2459	0,0765	0,2590
PE05 - 02 - NTRIP	0,1830	0,1513	0,0895	0,1763
PE05 - 01 - RTG	2,2824	0,1260	0,2583	0,2927
PE05 - 02 - RTG	2,2457	0,1251	0,2352	0,2679

Soluções fase				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE05 - 01 - RTK	0,0932	0,0331	0,0354	0,0489
PE05 - 02 - RTK	0,1899	0,0558	0,0677	0,0877
PE05 - 01 - NTRIP	0,1167	0,1032	0,0380	0,1181
PE05 - 02 - NTRIP	0,0696	0,1322	0,0749	0,1529
PE05 - 01 - RTG	2,2824	0,1260	0,2583	0,2927
PE05 - 02 - RTG	2,2457	0,1251	0,2352	0,2679

Soluções totais - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE05 - 01 - RTK	0,0415	0,0135	0,0147	0,0212
PE05 - 02 - RTK	2,0703	0,6945	1,9566	2,0768
PE05 - 01 - NTRIP	0,1221	0,0999	0,0420	0,1195
PE05 - 02 - NTRIP	0,0517	0,1247	0,0697	0,1442
PE05 - 01 - RTG	2,2824	0,1260	0,2583	0,2927
PE05 - 02 - RTG	2,2457	0,1236	0,2345	0,2663

Soluções fase - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE05 - 01 - RTK	0,0408	0,0135	0,0147	0,0212
PE05 - 02 - RTK	0,1137	0,0402	0,0604	0,0726
PE05 - 01 - NTRIP	0,1084	0,0985	0,0371	0,1151
PE05 - 02 - NTRIP	0,0492	0,1244	0,0695	0,1439
PE05 - 01 - RTG	2,2824	0,1260	0,2583	0,2927
PE05 - 02 - RTG	2,2457	0,1236	0,2345	0,2663

Soluções totais - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE05 - 01 - RTK	0,0578	0,0135	0,0147	0,0212
PE05 - 02 - RTK	0,4115	0,6945	1,9566	2,0768
PE05 - 01 - NTRIP	0,0989	0,0999	0,0420	0,1195
PE05 - 02 - NTRIP	0,0469	0,1247	0,0697	0,1442
PE05 - 01 - RTG	2,2684	0,1260	0,2583	0,2927
PE05 - 02 - RTG	2,2457	0,1236	0,2345	0,2663

Soluções fase - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE05 - 01 - RTK	0,0515	0,0270	0,0355	0,0455
PE05 - 02 - RTK	0,0783	0,0507	0,0660	0,0833
PE05 - 01 - NTRIP	0,0875	0,1022	0,0380	0,1175
PE05 - 02 - NTRIP	0,0467	0,1295	0,0751	0,1513
PE05 - 01 - RTG	2,2684	0,1251	0,2555	0,2900
PE05 - 02 - RTG	2,2457	0,1251	0,2352	0,2679

FONTE: O autor (2015).

TABELA 93 - Análise de acurácia do PE06.

Análise de acurácia do PE06 (valores em metros) - Soluções totais				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE06 - 01 - RTK	3,2818	0,4000	3,9448	3,9655
PE06 - 02 - RTK	2,4863	0,6217	2,0539	2,1463
PE06 - 01 - NTRIP	0,1083	0,0897	0,0841	0,1230
PE06 - 02 - NTRIP	0,2804	0,1346	0,1946	0,2476
PE06 - 01 - RTG	2,1350	0,0921	0,2341	0,2718
PE06 - 02 - RTG	2,4394	0,2197	0,2606	0,3659

Soluções fase				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	0,1083	0,0897	0,0841	0,1230
PE06 - 02 - NTRIP	0,0603	0,0997	0,0557	0,1152
PE06 - 01 - RTG	2,1350	0,0921	0,2341	0,2718
PE06 - 02 - RTG	2,4394	0,2197	0,2606	0,3659

Soluções totais - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE06 - 01 - RTK	3,2818	0,4000	3,9448	3,9655
PE06 - 02 - RTK	2,4863	0,6217	2,0539	2,1463
PE06 - 01 - NTRIP	0,1083	0,0897	0,0841	0,1230
PE06 - 02 - NTRIP	0,0828	0,1005	0,0857	0,1406
PE06 - 01 - RTG	2,1350	0,0921	0,2341	0,2718
PE06 - 02 - RTG	2,3312	0,2197	0,2606	0,3659

Soluções fase - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	0,1083	0,0897	0,0841	0,1230
PE06 - 02 - NTRIP	0,0603	0,0997	0,0556	0,1152
PE06 - 01 - RTG	2,1350	0,0921	0,2341	0,2718
PE06 - 02 - RTG	2,3312	0,2197	0,2606	0,3659

Soluções totais - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE06 - 01 - RTK	1,7520	0,4000	3,9448	3,9655
PE06 - 02 - RTK	2,4212	0,6217	2,0539	2,1463
PE06 - 01 - NTRIP	0,1072	0,0897	0,0841	0,1230
PE06 - 02 - NTRIP	0,0667	0,1005	0,0857	0,1406
PE06 - 01 - RTG	2,1350	0,0921	0,2341	0,2718
PE06 - 02 - RTG	2,3309	0,2197	0,2606	0,3659

Soluções fase - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	0,1072	0,0897	0,0841	0,1230
PE06 - 02 - NTRIP	0,0599	0,0997	0,0557	0,1152
PE06 - 01 - RTG	2,1350	0,0921	0,2341	0,2718
PE06 - 02 - RTG	2,3309	0,2197	0,2606	0,3659

FONTE: O autor (2015).

Os levantamentos RTK e NTRIP não apresentaram soluções fase no PE07. Somente o 02-RTG teve melhora em acurácia quando da utilização das soluções fase/Diferencia GPS SPS em relação à totalidade das soluções. Os resultados referentes às soluções fase com filtro de máscara do 01-RTG foram os melhores do referido ponto (TABELA 94).

Em relação à acurácia do PE08, verificou-se que as soluções fase/Diferencial GPS SPS apresentaram em sua maioria melhores resultados que a totalidade das soluções. Tanto o filtro box-plot como o filtro de máscara apresentaram-se pouco efetivos na melhora das acurácia (TABELA 95).

O PE09, com exceção dos levantamentos RTG, houve melhora em acurácia quando da utilização das soluções fase/Diferencia GPS SPS em relação a totalidade das soluções. O 02-RTK não apresentou soluções fase. Tanto o filtro box-plot como o filtro de máscara apresentaram-se pouco efetivos na melhora das acurácia (TABELA 96).

No PE10, O 01-RTG e o 02-RTG não apresentaram melhora entre a totalidade das soluções e as soluções fase/Diferencial GPS SPS. Com a utilização dos filtros, observou-se melhora na acurácia em relação ao não uso dos mesmos (TABELA 97).

Analisando-se os pontos com obstruções (PE03 e PE07), observa-se que não há soluções acuradas para o RTK com o emprego da fase e dos filtros, a solução NTRIP ocorreu apenas para o ponto PE03, apresentando uma acurácia planimétrica de 0,1367 m e altimétrica de 0,3586 m. A acurácia para o posicionamento diferencial RTG foi discrepante, tendo-se uma acurácia altimétrica variando de 2,3589 m a 593,30 m, e planimétrica variando de 0,5787 a 72,89 m.

Para os pontos com este entorno, não há um posicionamento diferencial que possa ser recomendado. Mediante o exposto, o melhor método para se fazer uma tentativa nessas situações é o NTRIP.

TABELA 94 - Análise de acurácia do PE07.

Análise de acurácia do PE07 (valores em metros) - Soluções totais				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE07 - 01 - RTK	8,6754	2,5800	6,2780	6,7961
PE07 - 02 - RTK	11,8614	6,1864	11,8134	13,9741
PE07 - 01 - NTRIP	3,3053	0,7463	3,7290	3,8053
PE07 - 02 - NTRIP	16,5140	6,6009	8,0028	10,3740
PE07 - 01 - RTG	10,5982	14,8659	21,9678	26,5276
PE07 - 02 - RTG	405,8845	85,5148	135,7753	161,0895
Soluções fase				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	10,5982	14,8659	21,9678	26,5276
PE07 - 02 - RTG	593,3012	66,1071	30,6599	72,8964
Soluções totais - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE07 - 01 - RTK	8,1599	2,4999	6,2828	6,7690
PE07 - 02 - RTK	11,8614	3,9243	2,1057	4,5039
PE07 - 01 - NTRIP	3,3053	0,6952	3,7294	3,7950
PE07 - 02 - NTRIP	16,5140	6,6009	8,0028	10,3740
PE07 - 01 - RTG	7,5021	10,0745	14,9073	17,9958
PE07 - 02 - RTG	29,3450	3,6184	7,3655	8,2231
Soluções fase - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	7,5021	10,0745	14,9073	17,9958
PE07 - 02 - RTG	593,3012	66,1071	30,6599	72,8964
Soluções totais - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE07 - 01 - RTK	6,7805	2,4999	6,2828	6,7690
PE07 - 02 - RTK	7,0913	3,9243	2,1057	4,5039
PE07 - 01 - NTRIP	1,0215	0,6952	3,7294	3,7950
PE07 - 02 - NTRIP	13,1408	6,6009	8,0028	10,3740
PE07 - 01 - RTG	0,4335	10,0745	14,9073	17,9958
PE07 - 02 - RTG	x	3,6184	7,3655	8,2231
Soluções fase - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	0,4335	1,9233	3,6621	4,1427
PE07 - 02 - RTG	x	x	x	x

FONTE: O autor (2015).

TABELA 95 - Análise de acurácia do PE08.

Análise de acurácia do PE08 (valores em metros) - Soluções totais				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE08 - 01 - RTK	0,2168	0,1387	0,1216	0,1864
PE08 - 02 - RTK	2,4916	1,2188	1,5659	1,9865
PE08 - 01 - NTRIP	2,1539	0,6978	0,8251	1,1117
PE08 - 02 - NTRIP	1,2321	0,6112	0,4663	0,7689
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	3,0902	0,5224	0,5551	0,7963
Soluções fase				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE08 - 01 - RTK	0,1273	0,0626	0,0188	0,0658
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	2,7656	0,3548	0,3779	0,5185
PE08 - 02 - NTRIP	0,1495	0,1763	0,1016	0,2097
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	2,9492	0,5250	0,5552	0,8031
Soluções totais - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE08 - 01 - RTK	0,1383	0,0633	0,0663	0,1067
PE08 - 02 - RTK	2,4812	1,1056	1,5126	1,8737
PE08 - 01 - NTRIP	2,1539	0,4497	0,7696	0,9046
PE08 - 02 - NTRIP	1,2016	0,6112	0,4663	0,7689
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	3,0385	0,5224	0,5551	0,7963
Soluções fase - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE08 - 01 - RTK	0,1273	0,0623	0,0188	0,0655
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	2,7656	0,3548	0,3779	0,5185
PE08 - 02 - NTRIP	0,1495	0,1763	0,1016	0,2097
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	2,9181	0,5250	0,5552	0,8031
Soluções totais - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE08 - 01 - RTK	0,1363	0,0633	0,0663	0,1067
PE08 - 02 - RTK	1,9793	1,1056	1,5126	1,8737
PE08 - 01 - NTRIP	1,2344	0,4497	0,7696	0,9046
PE08 - 02 - NTRIP	0,3931	0,6112	0,4663	0,7689
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	2,9267	0,5224	0,5551	0,7963
Soluções fase - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE08 - 01 - RTK	0,1273	0,0626	0,0188	0,0658
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	2,7656	0,3548	0,3779	0,5185
PE08 - 02 - NTRIP	0,1208	0,1758	0,1017	0,2094
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	2,7592	0,4050	0,5572	0,7346

FONTE: O autor (2015).

TABELA 96 - Análise de acurácia do PE09.

Análise de acurácia do PE09 (valores em metros) - Soluções totais				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	3,5990	0,9436	2,5399	2,7714
PE09 - 01 - NTRIP	2,3281	0,1107	0,0192	0,1124
PE09 - 02 - NTRIP	2,4146	0,0331	0,0272	0,0445
PE09 - 01 - RTG	2,4032	0,1058	0,2195	0,2470
PE09 - 02 - RTG	2,3006	0,2805	0,2628	0,3895

Soluções fase				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	2,3231	0,0384	0,0183	0,0432
PE09 - 02 - NTRIP	2,4145	0,0309	0,0184	0,0366
PE09 - 01 - RTG	2,4032	0,1058	0,2195	0,2470
PE09 - 02 - RTG	2,3006	0,2805	0,2628	0,3895

Soluções totais - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	3,5754	0,8821	2,5149	2,7132
PE09 - 01 - NTRIP	2,3243	0,0374	0,0183	0,0424
PE09 - 02 - NTRIP	2,3971	0,0278	0,0169	0,0334
PE09 - 01 - RTG	2,4032	0,1058	0,2195	0,2470
PE09 - 02 - RTG	2,3006	0,2758	0,2606	0,3850

Soluções fase - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	2,3231	0,0374	0,0183	0,0424
PE09 - 02 - NTRIP	2,3968	0,0278	0,0169	0,0334
PE09 - 01 - RTG	2,4032	0,1058	0,2195	0,2470
PE09 - 02 - RTG	2,3006	0,2758	0,2606	0,3850

Soluções totais - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	3,5217	0,8821	2,5149	2,7132
PE09 - 01 - NTRIP	2,3218	0,0374	0,0183	0,0424
PE09 - 02 - NTRIP	2,3922	0,0278	0,0169	0,0334
PE09 - 01 - RTG	2,4032	0,1058	0,2195	0,2470
PE09 - 02 - RTG	2,3145	0,2758	0,2606	0,3850

Soluções fase - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	2,3222	0,0384	0,0183	0,0432
PE09 - 02 - NTRIP	2,3922	0,0309	0,0184	0,0366
PE09 - 01 - RTG	2,4032	0,1058	0,2195	0,2470
PE09 - 02 - RTG	2,3145	0,2295	0,2419	0,3405

FONTE: O autor (2015).

TABELA 97 - Análise de acurácia do PE10.

Análise de acurácia do PE10 (valores em metros) - Soluções totais				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE10 - 01 - RTK	1,1350	0,4702	1,2355	1,3239
PE10 - 02 - RTK	2,7889	5,2308	2,1931	5,8809
PE10 - 01 - NTRIP	2,1318	0,1098	0,0805	0,1366
PE10 - 02 - NTRIP	2,3042	0,1461	0,2280	0,2899
PE10 - 01 - RTG	2,3125	0,4388	0,3199	0,5439
PE10 - 02 - RTG	2,3075	0,4097	0,4448	0,6124
Soluções fase				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE10 - 01 - RTK	0,1255	0,0367	0,0411	0,0551
PE10 - 02 - RTK	0,3260	0,0601	0,0714	0,0933
PE10 - 01 - NTRIP	2,1287	0,1044	0,0783	0,1313
PE10 - 02 - NTRIP	2,0948	0,0988	0,0556	0,1145
PE10 - 01 - RTG	2,3125	0,4388	0,3199	0,5439
PE10 - 02 - RTG	2,3075	0,4097	0,4448	0,6124
Soluções totais - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE10 - 01 - RTK	0,4892	0,4012	1,2471	1,3120
PE10 - 02 - RTK	2,5122	0,7993	1,3625	1,5916
PE10 - 01 - NTRIP	2,1244	0,0932	0,0706	0,1190
PE10 - 02 - NTRIP	2,0775	0,0988	0,0556	0,1145
PE10 - 01 - RTG	2,3125	0,4388	0,3199	0,5439
PE10 - 02 - RTG	2,3075	0,4097	0,4448	0,6124
Soluções fase - filtro box-plot				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE10 - 01 - RTK	0,0568	0,0143	0,0390	0,0417
PE10 - 02 - RTK	0,0458	0,0122	0,0193	0,0228
PE10 - 01 - NTRIP	2,1226	0,0932	0,0703	0,1188
PE10 - 02 - NTRIP	2,0775	0,0988	0,0556	0,1145
PE10 - 01 - RTG	2,3125	0,4388	0,3199	0,5439
PE10 - 02 - RTG	2,3075	0,4097	0,4448	0,6124
Soluções totais - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE10 - 01 - RTK	0,1668	0,4012	1,2471	1,3120
PE10 - 02 - RTK	1,9420	0,7993	1,3625	1,5916
PE10 - 01 - NTRIP	2,1055	0,0932	0,0706	0,1190
PE10 - 02 - NTRIP	2,0787	0,0988	0,0556	0,1145
PE10 - 01 - RTG	2,2952	0,4388	0,3199	0,5439
PE10 - 02 - RTG	2,2727	0,4097	0,4448	0,6124
Soluções fase - filtro de máscara				
Nome do ponto	Acurácia h	Acurácia E	Acurácia N	Acurácia plan
PE10 - 01 - RTK	0,0676	0,0318	0,0410	0,0519
PE10 - 02 - RTK	0,0876	0,0601	0,0714	0,0933
PE10 - 01 - NTRIP	2,1056	0,0982	0,0742	0,1244
PE10 - 02 - NTRIP	2,0779	0,0988	0,0556	0,1145
PE10 - 01 - RTG	2,2952	0,4418	0,3178	0,5452
PE10 - 02 - RTG	2,2727	0,4061	0,4445	0,6098

FONTE: O autor (2015).

Para os pontos com obstruções parciais (PE06, PE08 e PE09), somente há soluções acuradas para o RTK com o emprego da fase e dos filtros para o PE08, apresentando uma acurácia planimétrica de 0,0655 m e altimétrica de 0,12783 m. Para o posicionamento diferencial RTG, a acurácia variou altimetricamente de 2,9181 m a 2,1350 m, e planimetricamente de 0,2470 m a 0,8031 m. O NTRIP teve uma acurácia altimétrica variando de 0,0599 m a 2,7656 m, e uma planimétrica variando de 0,1152 a 0,5185 m.

Em relação aos pontos livres de obstruções (PE01, PE02, PE04, PE05 e PE10), não há soluções acuradas para o RTK com o emprego da fase e dos filtros para o PE02. Nos demais pontos, o referido equipamento teve uma acurácia altimétrica variando de 0,0408 m a 0,2737 m, e uma planimétrica variando de 0,0212 a 0,1159 m. No posicionamento diferencial RTG, a acurácia variou altimetricamente de 1,6400 m a 4,1512 m, e planimetricamente de 0,2663 m a 0,9835 m. O NTRIP apresentou uma acurácia altimétrica variando de 0,0467 m a 2,1226 m, e uma planimétrica variando de 0,0499 a 0,1513 m.

4.1.8 Análise do tempo necessário de rastreo para alcançar a precisão 0,1 m

Para a realização da análise do tempo necessário de rastreo para que os equipamentos Diferencial GPS avaliados cheguem a alcançar a precisão de 0,1 m, foi feita a verificação, levantamento a levantamento, do rol das observações, segundo a segundo, até a chegada das precisões aos valores desejados.

Em relação aos levantamentos realizados em terrenos classificados com a característica de limpos (total de 30 rastreios), foi verificada que em 11 deles não foi alcançada a precisão esperada em toda a duração do rastreo. Em 17 levantamentos, a precisão desejada foi alcançada com o início da recepção das correções da fase. Em outros 02 rastreios, a precisão foi alcançada mesmo sem a entrada da correção diferencial da fase (TABELA 98).

TABELA 98 - Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metro nos pontos limpos.

Levantamentos	Tipo de obstrução	Tempo Precisão Alimétrica	Tempo Precisão Planimétrica	Tempo Precisão 3D	Observações
PE01 - 01 - RTK	Limpo	01	01	01	solução com a entrada da fase
PE01 - 02 - RTK	Limpo	96	96	96	solução com a entrada da fase
PE01 - 01 - NTRIP	Limpo	02	02	02	solução com a entrada da fase
PE01 - 02 - NTRIP	Limpo	01	01	01	solução com a entrada da fase
PE01 - 01 - RTG	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE01 - 02 - RTG	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE02 - 01 - RTK	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE02 - 02 - RTK	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE02 - 01 - NTRIP	Limpo	02	02	02	solução com a entrada da fase
PE02 - 02 - NTRIP	Limpo	01	01	01	solução com a entrada da fase
PE02 - 01 - RTG	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE02 - 02 - RTG	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE04 - 01 - RTK	Limpo	01	01	01	solução com a entrada da fase
PE04 - 02 - RTK	Limpo	01	01	01	solução com a entrada da fase
PE04 - 01 - NTRIP	Limpo	16	16	16	solução com a entrada da fase
PE04 - 02 - NTRIP	Limpo	01	01	01	solução com a entrada da fase
PE04 - 01 - RTG	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE04 - 02 - RTG	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE05 - 01 - RTK	Limpo	01	01	01	solução com a entrada da fase
PE05 - 02 - RTK	Limpo	224	224	224	solução com a entrada da fase
PE05 - 01 - NTRIP	Limpo	06	06	06	solução com a entrada da fase
PE05 - 02 - NTRIP	Limpo	14	14	14	solução com a entrada da fase
PE05 - 01 - RTG	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE05 - 02 - RTG	Limpo	x	05	x	
PE10 - 01 - RTK	Limpo	51	01	51	
PE10 - 02 - RTK	Limpo	150	150	150	solução com a entrada da fase
PE10 - 01 - NTRIP	Limpo	01	01	01	solução com a entrada da fase
PE10 - 02 - NTRIP	Limpo	19	19	19	solução com a entrada da fase
PE10 - 01 - RTG	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE10 - 02 - RTG	Limpo	x	x	x	não alcançou a precisão esperada

FONTE: O autor (2015).

Quando da análise dos levantamentos classificados como parcialmente obstruídos (total de 17 rastreios), 07 não alcançaram a precisão esperada de 0,1 m e 06 alcançaram a precisão esperada com a entrada das correções da fase. Outros 04 levantamentos alcançaram a precisão desejada mesmo sem a entrada da correção da fase (TABELA 99).

TABELA 99 - Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metro nos pontos parcialmente obstruídos.

Levantamentos	Tipo de obstrução	Tempo Precisão Altimétrica	Tempo Precisão Planimétrica	Tempo Precisão 3D	Observações
PE06 - 01 - RTK	Parc obstruido	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE06 - 02 - RTK	Parc obstruido	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE06 - 01 - NTRIP	Parc obstruido	01	01	01	solução com a entrada da fase
PE06 - 02 - NTRIP	Parc obstruido	58	144	144	
PE06 - 01 - RTG	Parc obstruido	x	483	x	
PE06 - 02 - RTG	Parc obstruido	x	1247	x	
PE08 - 01 - RTK	Parc obstruido	109	109	109	solução com a entrada da fase
PE08 - 02 - RTK	Parc obstruido	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE08 - 01 - NTRIP	Parc obstruido	546	546	546	solução com a entrada da fase
PE08 - 02 - NTRIP	Parc obstruido	50	50	50	solução com a entrada da fase
PE08 - 01 - RTG	Parc obstruido	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE08 - 02 - RTG	Parc obstruido	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE09 - 02 - RTK	Parc obstruido	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE09 - 01 - NTRIP	Parc obstruido	01	01	01	solução com a entrada da fase
PE09 - 02 - NTRIP	Parc obstruido	03	03	03	solução com a entrada da fase
PE09 - 01 - RTG	Parc obstruido	x	01	x	
PE09 - 02 - RTG	Parc obstruido	x	x	x	não alcançou a precisão esperada

FONTE: O autor (2015).

Nos levantamentos classificados como obstruídos (12 rastreios), 09 não alcançaram a precisão esperada, e 01 alcançou a precisão esperada com a entrada da correção diferencial da fase (TABELA 100).

TABELA 100 - Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metro nos pontos obstruídos.

Levantamentos	Tipo de obstrução	Tempo Precisão Altimétrica	Tempo Precisão Planimétrica	Tempo Precisão 3D	Observações
PE03 - 01 - RTK	Obstruído	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE03 - 02 - RTK	Obstruído	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE03 - 01 - NTRIP	Obstruído	275	275	276	solução com a entrada da fase
PE03 - 02 - NTRIP	Obstruído	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE03 - 01 - RTG	Obstruído	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE03 - 02 - RTG	Obstruído	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE07 - 01 - RTK	Obstruído	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE07 - 02 - RTK	Obstruído	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE07 - 01 - NTRIP	Obstruído	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE07 - 02 - NTRIP	Obstruído	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
PE07 - 01 - RTG	Obstruído	376	x	x	DP da alt zerou por 71 segundos
PE07 - 02 - RTG	Obstruído	346	x	x	DP da alt zerou por 81 segundos

FONTE: O autor (2015).

4.2 ANÁLISE DE LINHAS (Experimento 02):

As atividades referentes ao Experimento 02 foram estruturadas conforme o esquema apresentado na Figura 13, seção 3.6.2.

São apresentados, na sequência, os resultados obtidos com o processamento dos dados coletados com o MPRC na linha a ser analisada, e efetuadas as devidas análises, visando obter a linha padrão. Em seguida, divide-se esta seção em duas subseções, sendo a primeira a análise da linha da praia no levantamento vespertino e a segunda a análise da linha da praia no levantamento noturno. As linhas padrão foram comparadas com as linhas obtidas com os métodos diferenciais (RTK, NTRIP, e RTG).

Foram realizados os posicionamentos pelo Método Relativo Cinemático (MPRC) das linhas nos períodos vespertino e noturno. Na TABELA 101 é apresentada a configuração dos processamentos destes dados coletados em campo.

TABELA 101 – Configuração dos processamentos do MPRC.

Configuração dos Processamentos do MPRC	
Especificações	Seleções
Efemérides	Precisas
Modelo troposférico	Hopfield
Modelo ionosférico	Automático
Máscara de elevação	10°
Frequência do processamento	L1+L2
Solução	Automática
Antenas	Modelos IGS

FONTE: O autor (2015).

O trajeto realizado pela linha no período vespertino gerou uma linha de 40,383 metros, com 583 vetores, com apenas 01 das ambiguidades não resolvidas (código) (inteiros não determinados). Já o trajeto feito durante o período noturno gerou uma linha de 40,967 m, com 642 vetores, e com todas as ambiguidades resolvidas.

Realizando-se a análise da qualidade dos levantamentos padrão, verificou-se que o levantamento da linha MPRC período vespertino apresentou GDOP médio igual a 2,9 por quase todo o período do rastreo, apresentando um pico de 9,2 ao final do mesmo (FIGURA 51), sendo este último um valor superior ao indicado pela literatura como valor máximo, e por esse motivo sendo excluído da amostra.

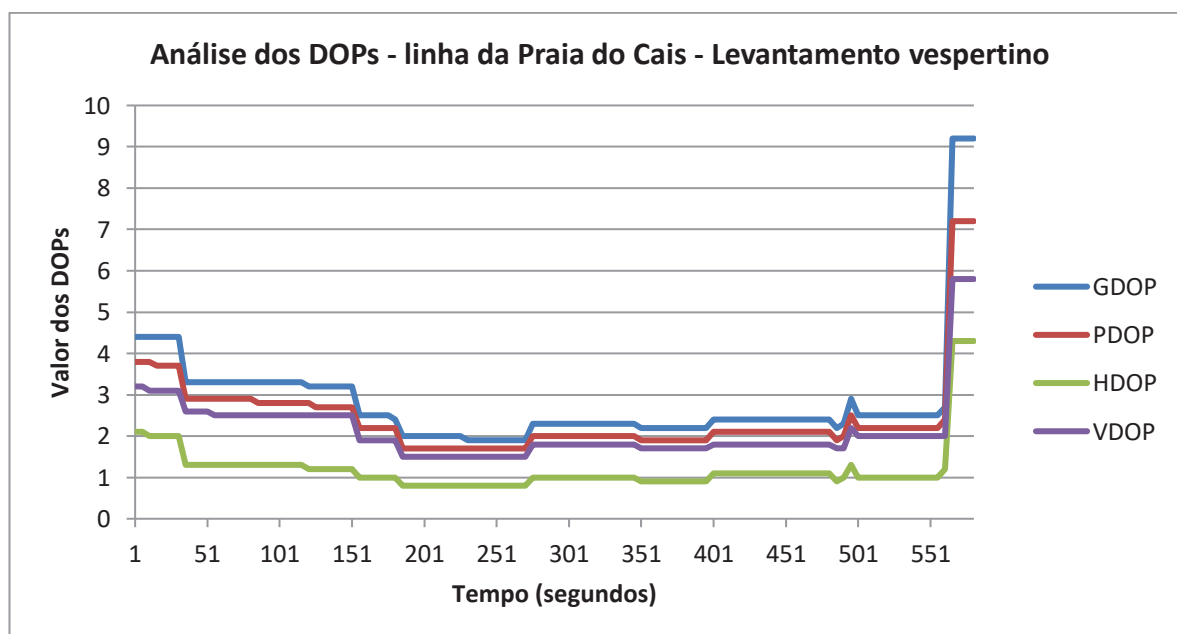


FIGURA 51 – Análise dos DOPs na linha da Praia do Cais – período vespertino.

FONTE: O autor (2015).

Com a retirada de tal valor (FIGURA 52), verificou-se que o levantamento da linha MPRC período vespertino apresentou novo valor do GDOP médio igual a 2,6.

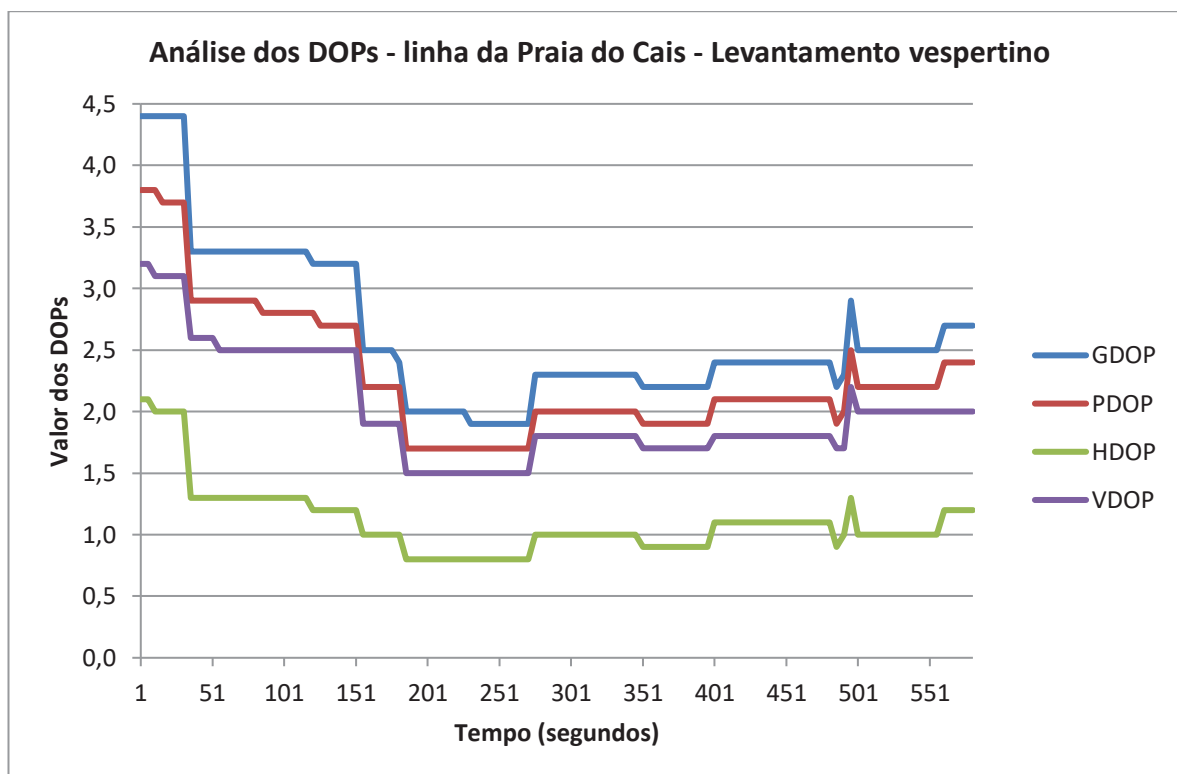


FIGURA 52 – Análise dos DOPs na linha da Praia do Cais – período vespertino (após filtragem).

FONTE: O autor (2015).

As precisões planimétrica, E e N do levantamento da linha da Praia do Cais no período vespertino com o MPRC se mantiveram entre 0,0015 e 0,0333 m, apresentando um pico de 0,1812 m próximo ao final do levantamento (FIGURA 53). Tal valor é referente ao ponto com ambiguidade com inteiros não determinados (código), excluído posteriormente da amostra. Correlacionando as Figuras 46 e 47 pode-se verificar que a elevação do GDOP acarreta numa elevação do valor da precisão planimétrica.

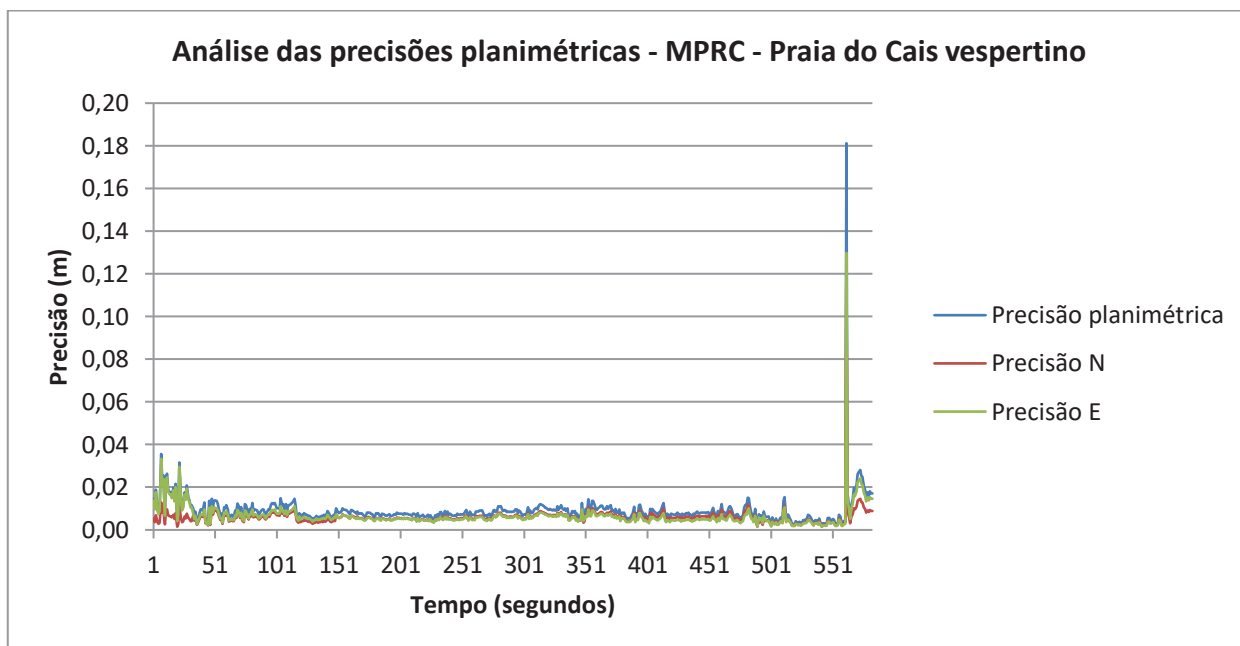


FIGURA 53 – Análise das precisões planimétrica, E e N do MPRC da linha da Praia do Cais (vespertino).

FONTE: O autor (2015).

Na FIGURA 54 pode-se verificar o comportamento das precisões planimétricas do levantamento da linha MPRC período vespertino após a realização da filtragem.

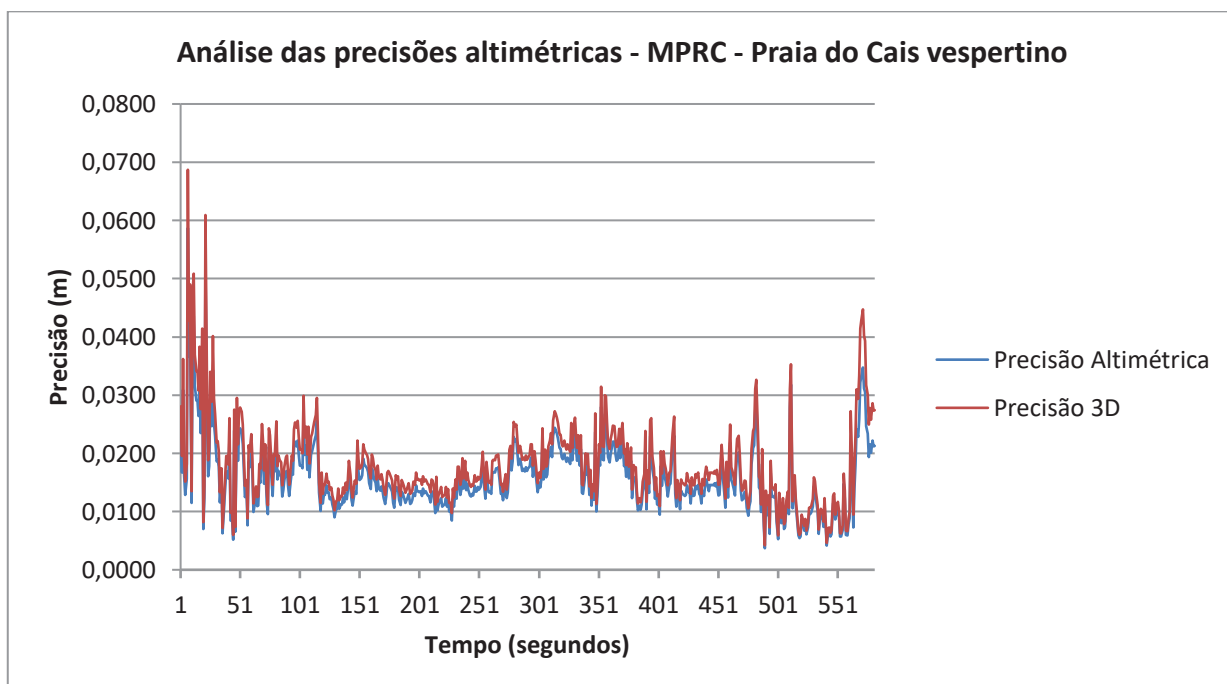


FIGURA 54 - Análise das precisões planimétrica, E e N do MPRC da linha da Praia do Cais (vespertino) (após filtragem).

FONTE: O autor (2015).

Em relação às precisões altimétrica e tridimensional, verificou-se uma variação durante o levantamento de 0,0060 a 0,0687 m, alcançando um pico de 0,3821 m ao se aproximar do fim do trajeto (valor do ponto com ambiguidade código) (FIGURA 55).

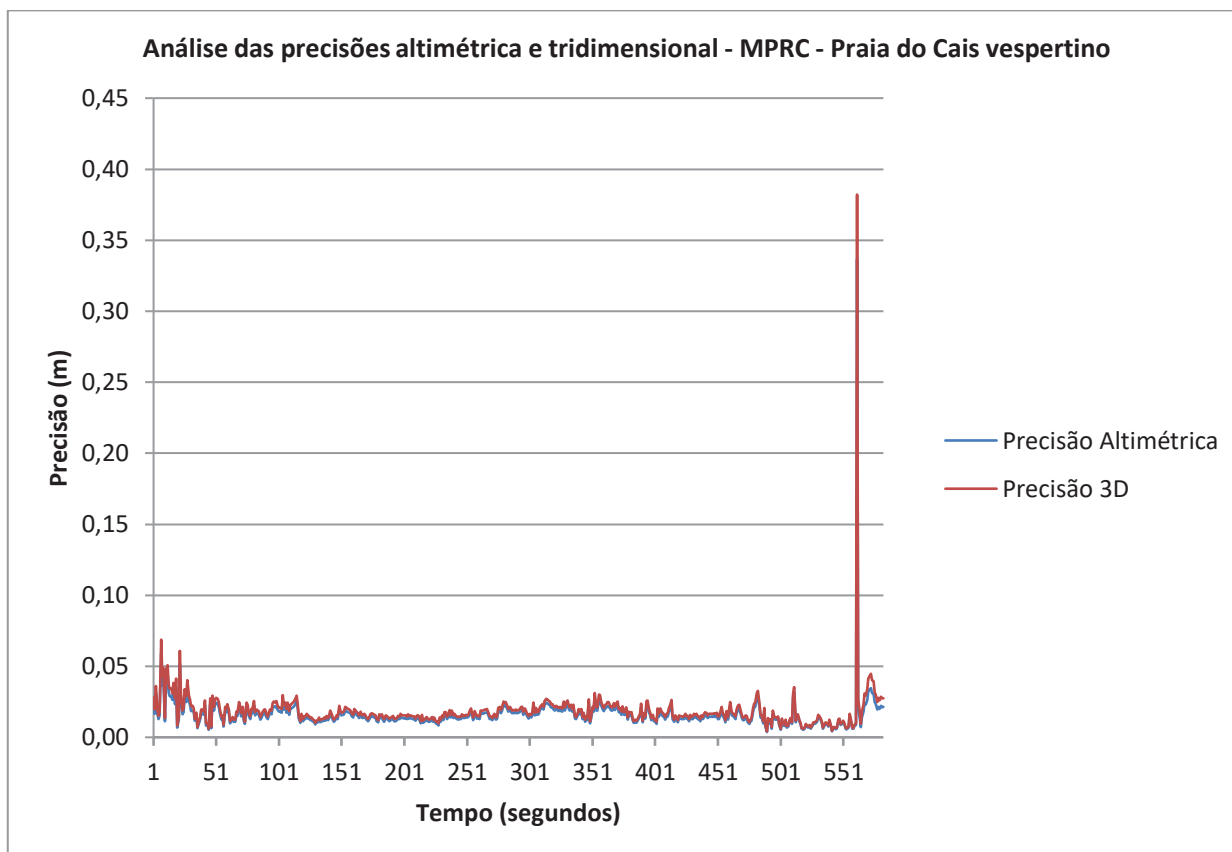


FIGURA 55 - Análise das precisões altimétrica e tridimensional do MPRC da linha da Praia do Cais (vespertino).

FONTE: O autor (2015).

Na FIGURA 56 pode-se verificar o comportamento das precisões altimétricas do levantamento da linha MPRC período vespertino após a realização da filtragem.

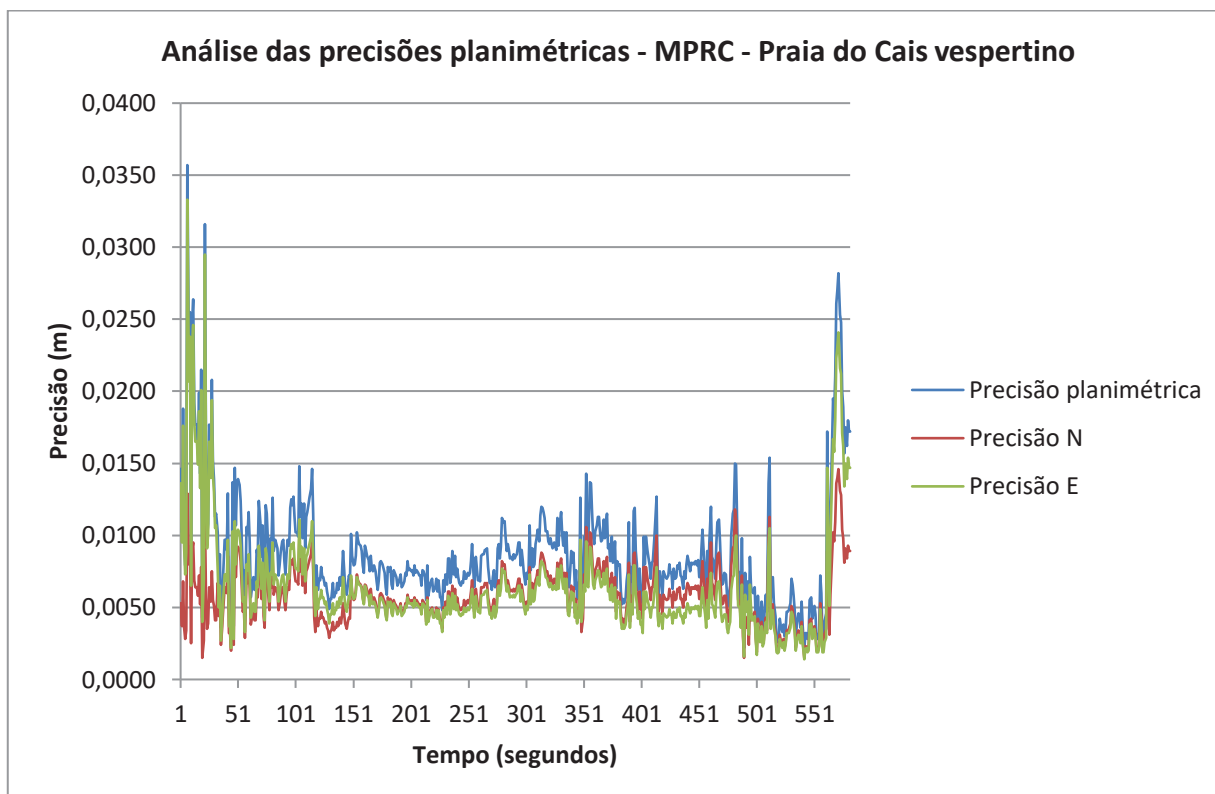


FIGURA 56 - Análise das precisões altimétrica e tridimensional do MPRC da linha da Praia do Cais (vespertino) (após filtragem).

FONTE: O autor (2015).

Por meio do programa *Leica Geo Office*, desenvolvido pela empresa *Leica* para o sistema operacional *Windows*, foram gerados os gráficos *Skyplot* e de visibilidade, que permitem visualizar a disponibilidade e a situação (elevação e azimuth) da constelação GNSS para o momento de coleta de dados do experimento.

Pode-se afirmar por meio do gráfico *Skyplot* que 05 satélites não foram detectados pelos receptores por estarem dentro da máscara de elevação de 10° (círculo na cor cinza escuro) previamente configurada, e outros 05 satélites tem parte de suas órbitas ocultas pela mesma máscara (FIGURA 57).

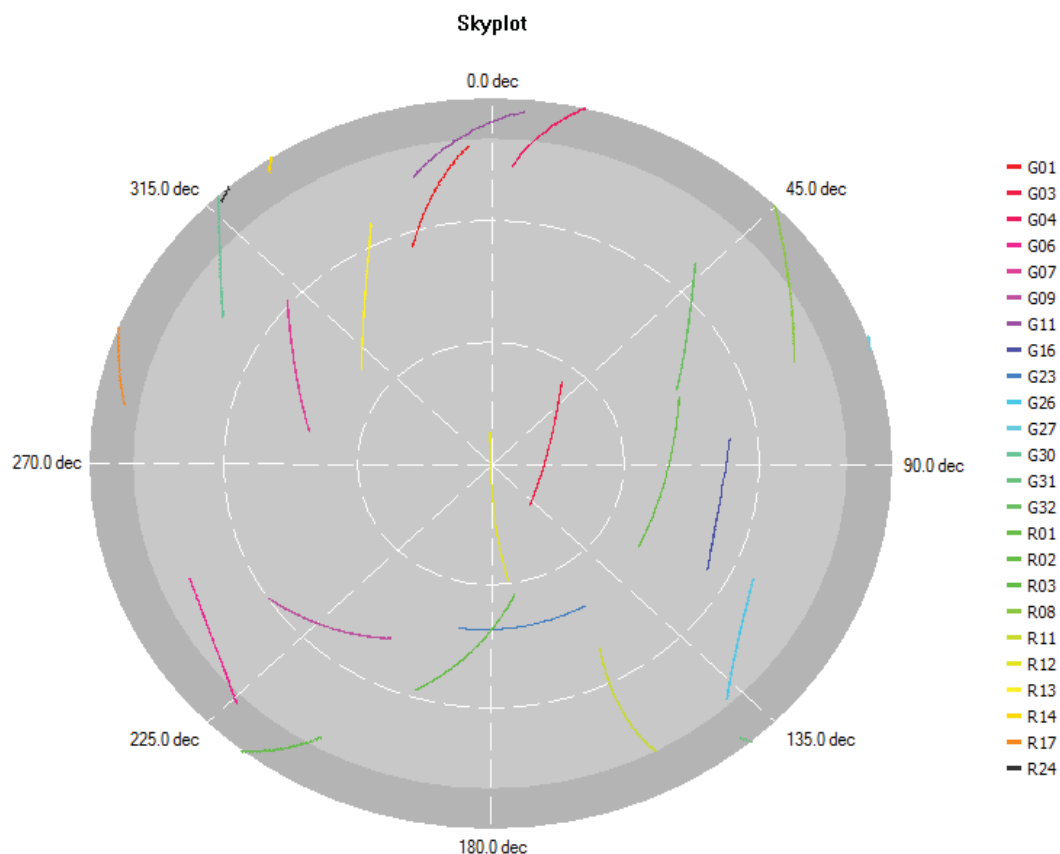


FIGURA 57 - Gráfico *skyplot* contendo a constelação GPS referente ao levantamento de linha de costa da Praia do Cais (vespertino).

FONTE: O autor (2015).

Através do gráfico de visibilidade constatou-se que o número total de satélites que estiveram disponíveis durante o rastreamento foi de 21, sendo que destes, 02 nem chegaram a se comunicar com os receptores. Dos 19 restantes, 13 mantiveram-se constantes em suas transmissões, e 06 foram intermitentes, ora tardando a iniciar, ora terminando as transmissões antes do término de suas passagens (FIGURA 58).

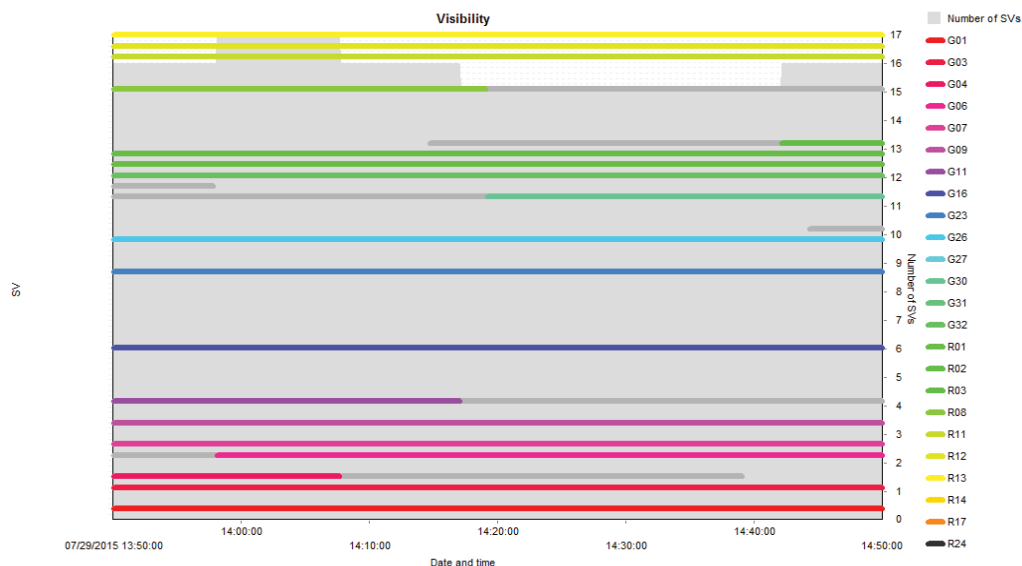


FIGURA 58 - Gráfico de visibilidade do levantamento da linha da Praia do Cais (vespertino).

FONTE: O autor (2015).

No levantamento da linha da praia com o MPRC durante o período noturno, o GDOP médio apresentado foi igual a 2,8. Foram detectados valores máximos de 4,5 próximos ao término do rastreio (FIGURA 59), valores estes inferiores ao valor máximo indicado pela literatura.

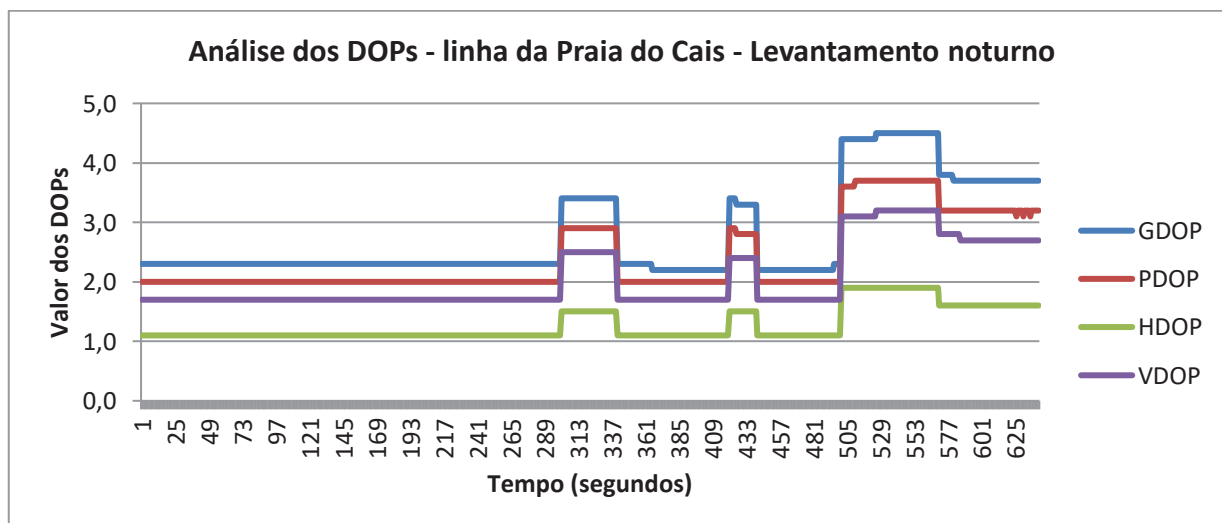


FIGURA 59 - Análise dos DOPs na linha da Praia do Cais – período noturno.

FONTE: O autor (2015).

Sobre as precisões planimétrica, E e N, verificou-se uma variação dos valores calculados entre 0,0007 e 0,0152 metros, com exceção ao pico apresentado aos 498 segundos de rastreio, com 0,0395 m (FIGURA 60).

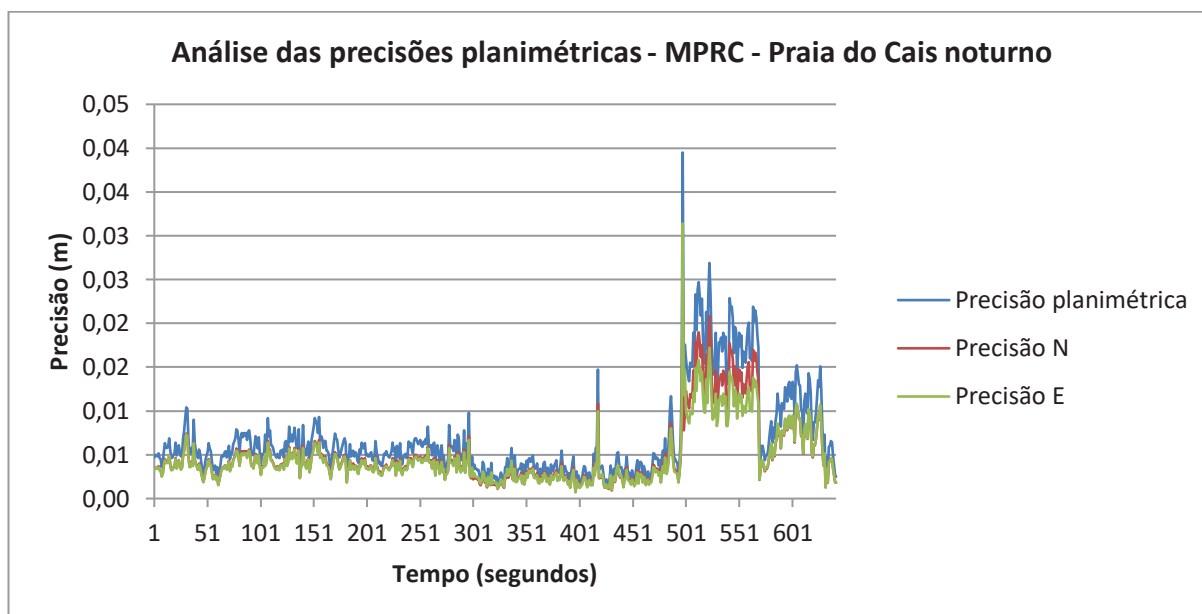


FIGURA 60 – Análise das precisões planimétrica, E e N do MPRC da linha da Praia do Cais (noturno).

FONTE: O autor (2015).

Analisando as precisões altimétrica e tridimensional, verificou-se uma variação durante o levantamento de 0,0023 a 0,0434 m, alcançando um pico de 0,0808 metros aos 523 segundos de rastreo (FIGURA 61).

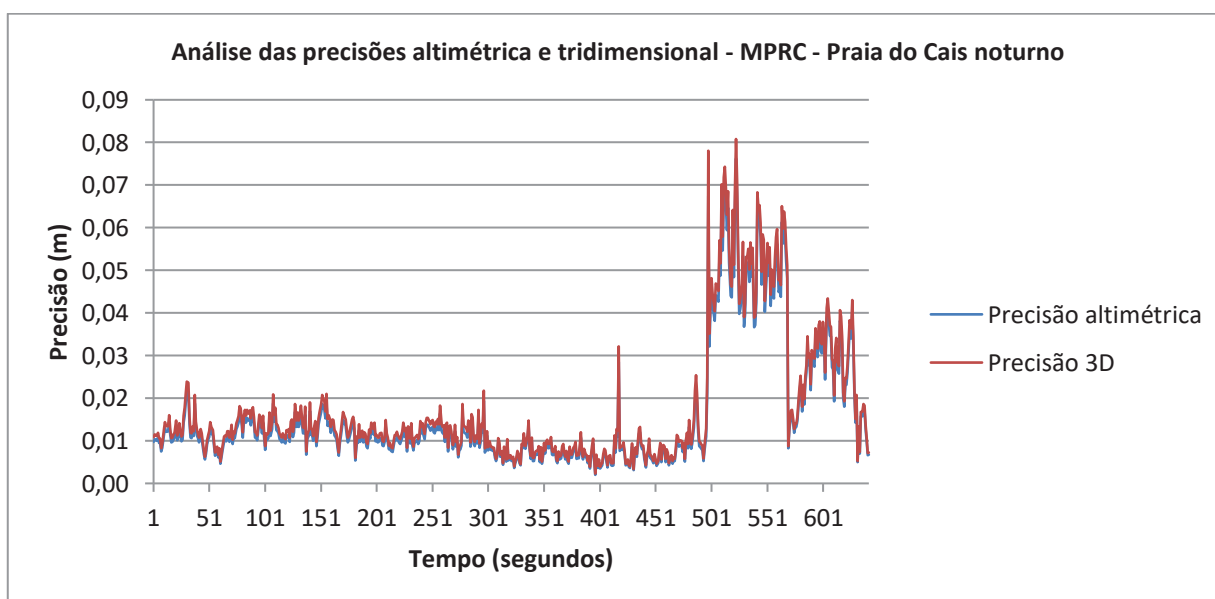


FIGURA 61 – Análise das precisões altimétricas e tridimensionais do MPRC da linha da Praia do Cais (vespertino).

FONTE: O autor (2015).

Pode-se afirmar por meio do gráfico *Skyplot* (FIGURA 62) que 07 satélites não foram detectados pelos receptores por estarem dentro da máscara de elevação de 10° (círculo em cinza escuro) previamente configurada, e outros 06 satélites tem parte de suas órbitas ocultas pela mesma máscara.

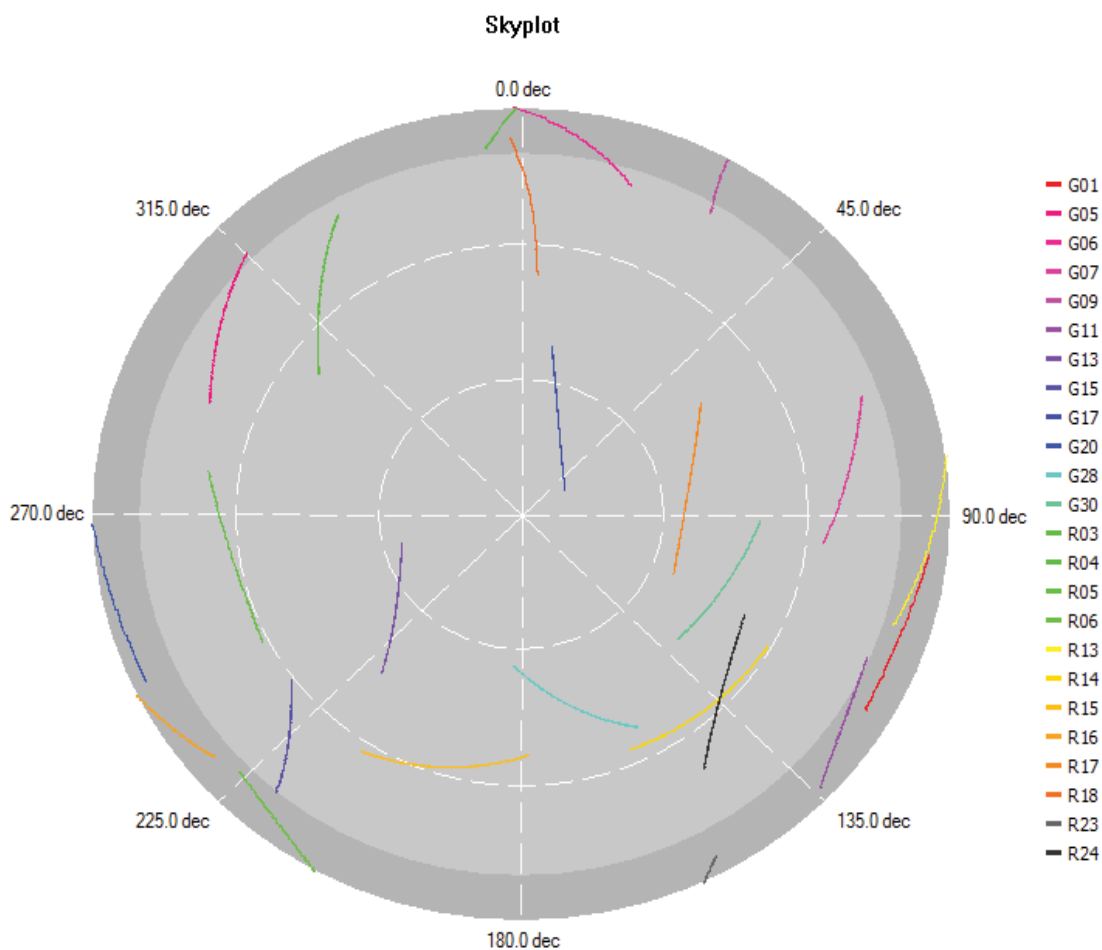


FIGURA 62 - Gráfico *skyplot* contendo a constelação GNSS referente ao levantamento de linha da Praia do Cais (noturno).

FONTE: O autor (2015).

Através do gráfico de visibilidade (FIGURA 63), pôde-se verificar que o número total de satélites que estiveram disponíveis durante o rastreo foi de 24, sendo que destes, 07 nem chegaram a se comunicar com os receptores. Dos 17 restantes, 12 mantiveram-se constantes em suas transmissões, e 05 foram intermitentes, ora tardando a iniciar, ora terminando as transmissões antes do término de suas passagens.

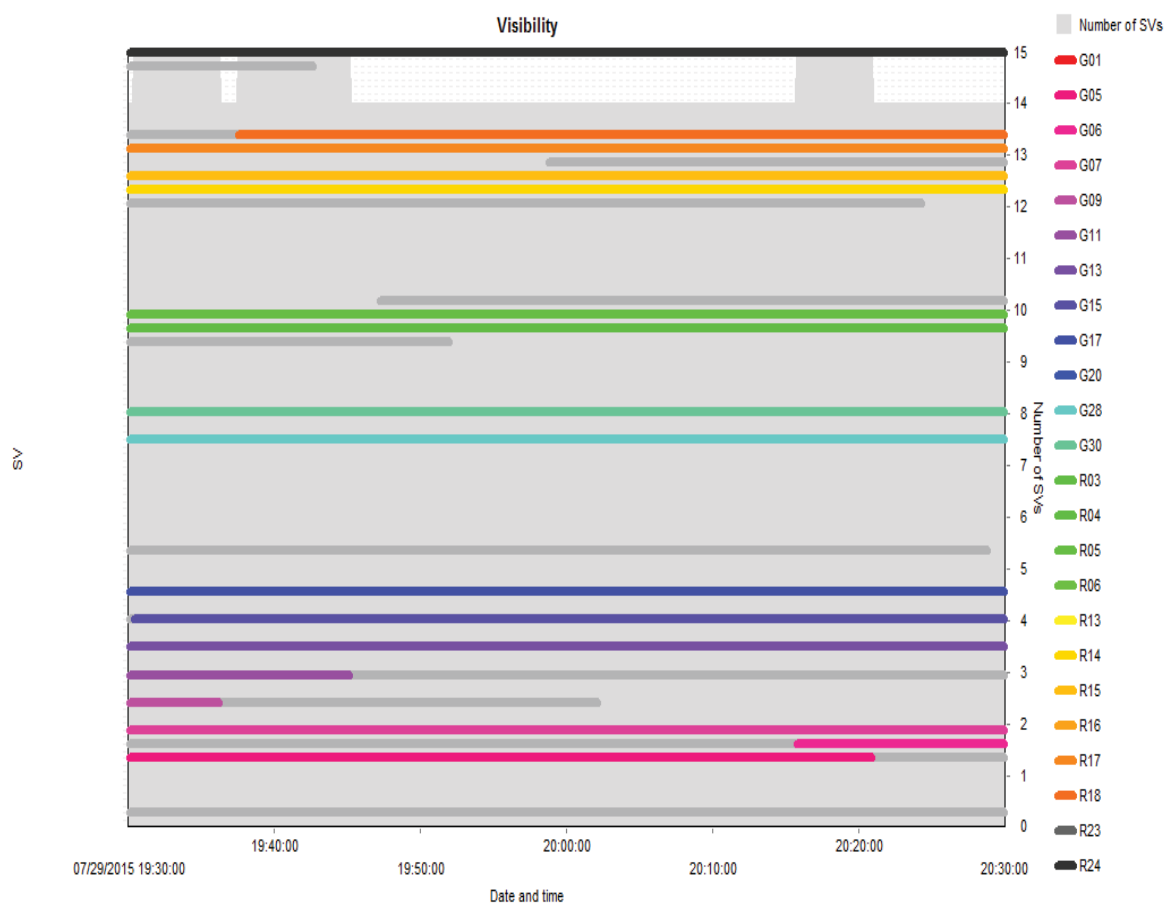


FIGURA 63 - Gráfico de visibilidade do levantamento da linha da Praia do Cais (noturno).

FONTE: O autor (2015).

Para a realização de tratamento espacial da linha padrão (linha gerada pelo MPRC) e das linhas a serem avaliadas (linhas geradas pelos equipamentos Diferenciais GPS), foram construídos arquivos *shapefile* para cada um dos rastreios. Com a utilização do *software* QGIS efetuou-se a visualização bidimensional dos dados contidos nesses arquivos. Identificou-se então dentro dos traçados a região de inicialização, as linhas propriamente ditas e a região de dispersão de cada uma das linhas (FIGURA 64).

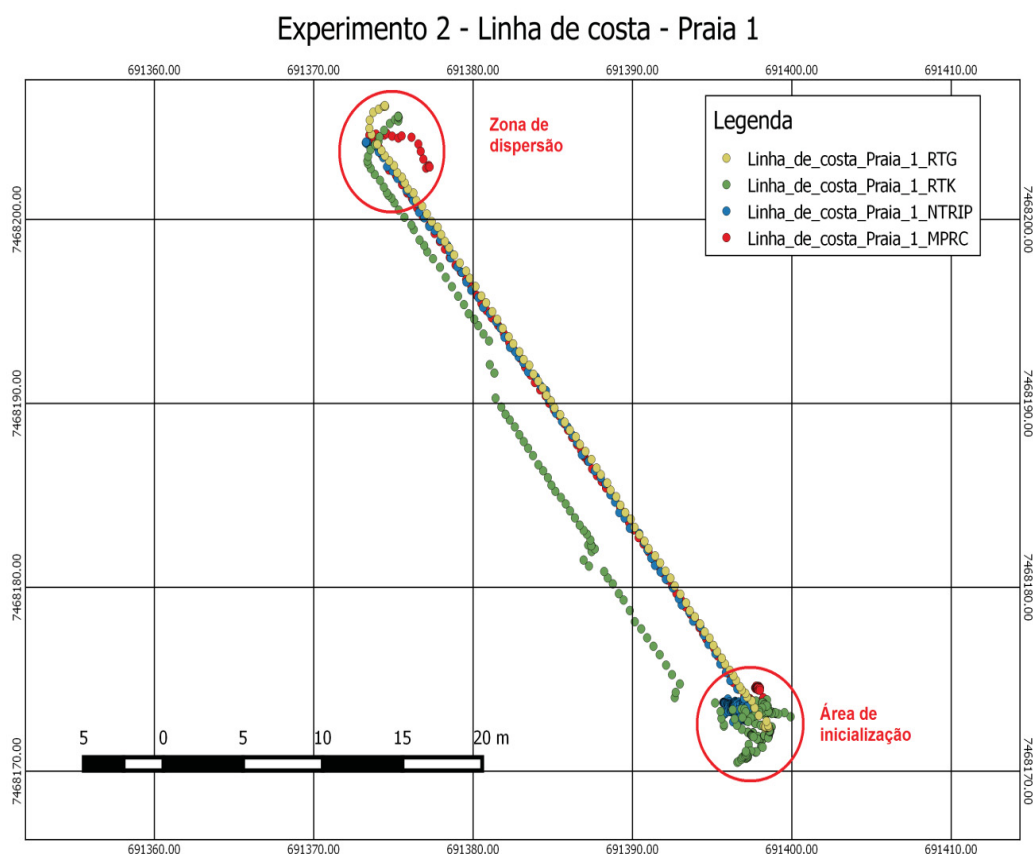


FIGURA 64 - Resultado do trajeto simultâneo realizado com o emprego dos equipamentos GPS no levantamento da linha da Praia do Cais (vespertino).

FONTE: O autor (2015).

Com exceção das linhas, as demais regiões incluídas acidentalmente no levantamento foram devidamente excluídas, já que não eram de interesse para a realização do experimento (FIGURA 65). Durante a filtragem dos dados, foi procurado entre as observações do MPRC algum ponto em que não tivesse ocorrido a resolução das ambiguidades. No caso do levantamento vespertino da Praia do Cais, foi encontrado e excluído somente um ponto dentre os 84 posicionados. Foram encontradas, e excluídas, 18 observações com valores do GDOP e do PDOP acima de 6,0 (9,2 e 7,1, respectivamente), valor máximo preconizado pela literatura.

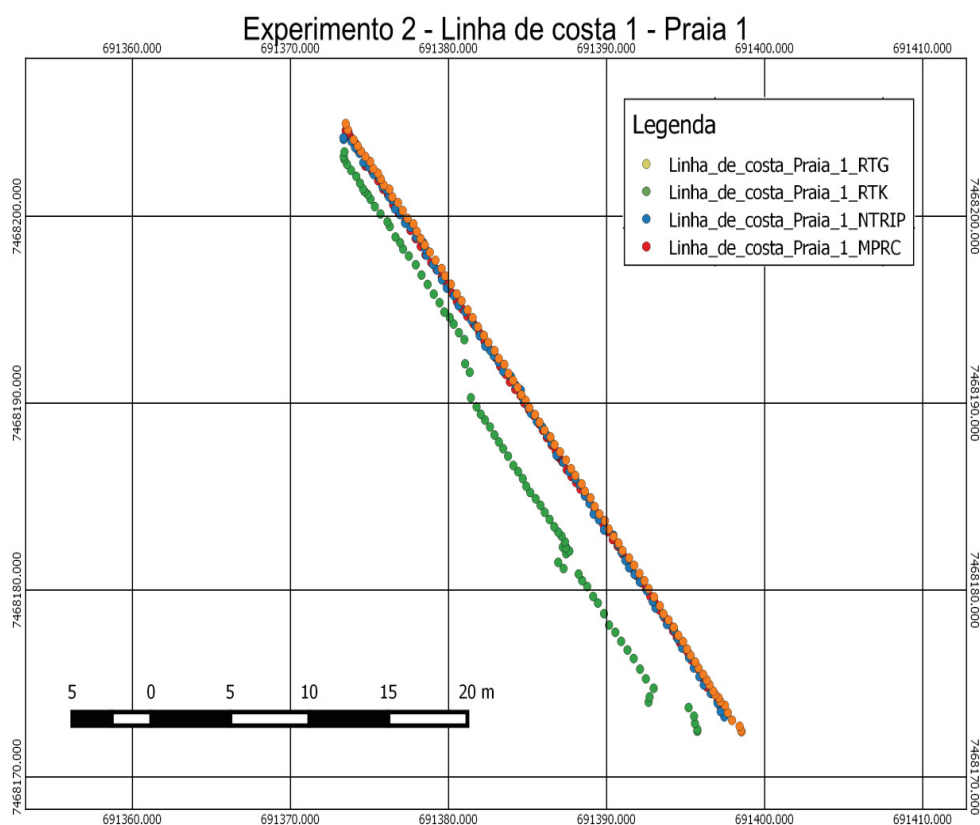


FIGURA 65 - Apresentação gráfica dos dados após a realização da filtragem.

FONTE: O autor (2015).

Após o processamento dos dados brutos do levantamento noturno da linha da Praia do Cais, foi realizado o tratamento espacial da linha padrão e das linhas a serem avaliadas utilizando-se o *software* QGIS, identificando-se dentro dos traçados as regiões de inicialização, as linhas de costa propriamente ditas, a região de dispersão de cada uma das linhas, e os pontos de parada, ocorridos pela falta de sincronismo dos operadores dos equipamentos que se deslocavam em fila indiana sobre a referida linha (FIGURA 66).

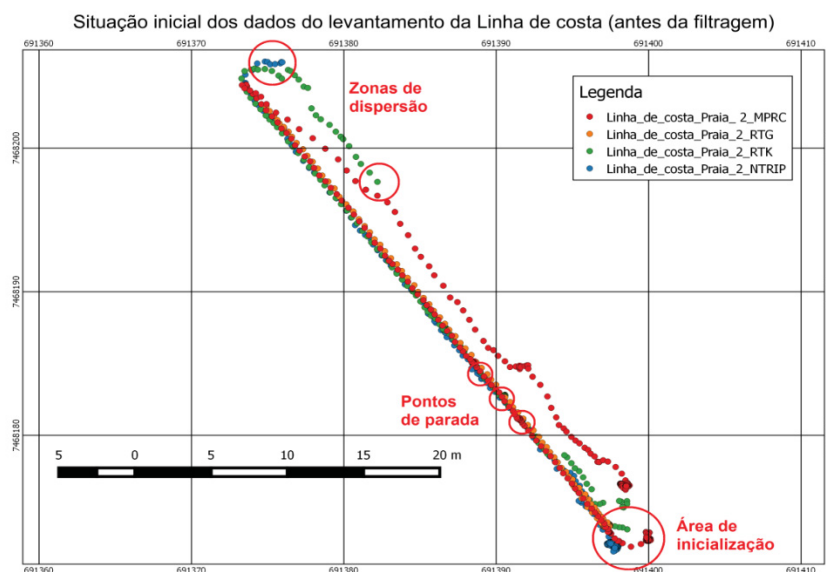


FIGURA 66 - Situação inicial dos dados coletados no levantamento da linha de costa Praia do Cais (noturno).

FONTE: O autor (2015).

Como ocorrido no experimento vespertino, às regiões incluídas no levantamento que não eram as linhas de costa propriamente ditas foram devidamente excluídas (FIGURA 67). Também foram procurados entre as observações do MPRC pontos em que não houvesse ocorrido a resolução das ambiguidades, o que não se sucedeu.

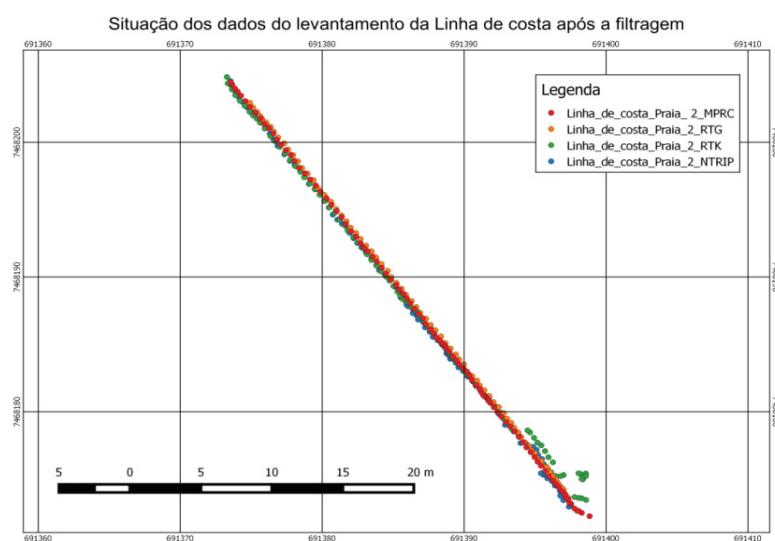


FIGURA 67 - Situação dos dados do levantamento da linha de costa Praia do Cais (noturno) após a filtragem.

FONTE: O autor (2015).

4.2.1 Linha da Praia do Cais (levantamento vespertino)

Em análise visual, percebeu-se que a linha de costa realizada com o equipamento Diferencial GPS RTK apresentou maior discrepância do que as demais linhas, e que as mesmas apresentaram grande coincidência entre si, apontando para a existência de maior acuracidade. Dentre essas linhas, o equipamento Diferencial GPS RTG é o que visualmente aparenta ser o mais acurado (FIGURA 59).

Em análise dos parâmetros definidores da qualidade do levantamento verificou-se que o levantamento RTK apresentou apenas soluções com as observações do código. A precisão relativa do posicionamento apresentou variação de 1,7 a 3,1 metros, o HDOP oscilou entre 0,6 e 0,7, e o número médio de satélites foi de 14 (TABELA 102). Comparando a variação do número de satélites no período com o HDOP, pôde-se verificar que ambos apresentaram relação direta entre si, porém não aparentaram relação com a precisão planimétrica.

TABELA 102 - Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento GPS.

Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento GPS											
	DP plan min (m)	DP plan méd (m)	DP plan máx (m)	HDOP min	HDOP méd	HDOP máx	N° sat min	N° sat méd	N° sat máx	Soluções fase	Soluções código
RTG	0,0499	0,0608	0,0722	0,8	0,9	1,0	10	13	14	100%	0%
RTK	1,7437	2,3460	3,1185	0,6	0,7	0,7	13	14	15	0%	100%
NTRIP	0,0204	0,2947	0,4538	0,6	0,8	2,2	10	14	15	15%	85%
MPRC	0,0020	0,0074	0,1812	0,9	1,0	1,3		10			

FONTE: O autor (2015).

O equipamento RTG apresentou o número de satélites variando entre 10 e 14, e o HDOP entre 0,8 e 01. Todas as soluções foram obtidas através da fase da onda portadora. Sua precisão planimétrica foi a melhor dentre os equipamentos testados (tanto a mínima, quanto a média e a máxima).

O equipamento NTRIP apresentou 15% de soluções fase e 85% de soluções código. Com a entrada de 05 novos satélites na constelação, o número total passou a ser de 15, e o algoritmo do equipamento não conseguiu resolver mais as

ambiguidades (FIGURA 68). A solução dos pontos subsequentes passa a ser código, e a precisão passa de aproximadamente 0,05 para cerca de 0,35 metros.

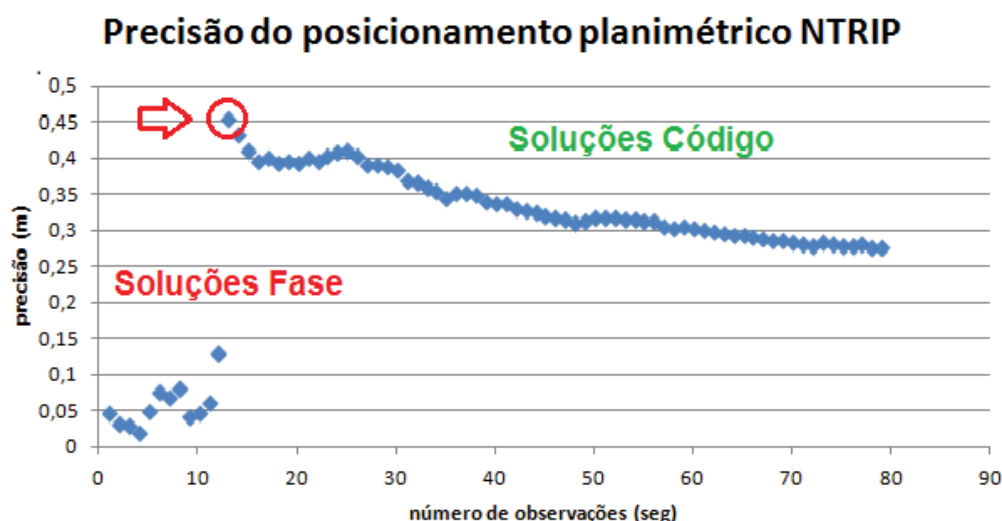


FIGURA 68 - Comportamento da precisão das soluções fase e código no posicionamento planimétrico NTRIP da linha de costa da praia (levantamento vespertino).

FONTE: O autor (2015).

Considerando-se apenas as observações contendo as soluções fase, a precisão planimétrica média do NTRIP superou a do RTG em 0,0028 metros (TABELA 103).

TABELA 103 - Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento Diferencial GPS NTRIP.

Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento GPS											
	DP plan min (m)	DP plan méd (m)	DP plan máx (m)	HDOP min	HDOP méd	HDOP máx	N° sat min	N° sat méd	N° sat máx	Soluções fase	Soluções código
NRIP fase	0,0204	0,0580	0,1298	1,0	1,4	2,2	10	11	12	15%	0%
NTRIP código	0,2764	0,3371	0,4538	0,6	0,7	0,8	13	14	15	0%	85%

FONTE: O autor (2015).

Com a filtragem dos pontos finalizada, foi realizada uma regressão linear simples, com as coordenadas da Componente N em função das coordenadas da Componente E do rastreamento do MPRC, calculando-se então a linha de tendência dessa

regressão, que passou a ser referida por linha padrão, por ser a referência a ser utilizada na presente pesquisa para o cálculo das discrepâncias. Obteve-se um valor de 0,9999 para o coeficiente de determinação da reta, indicando um ajuste de 99,99% da mesma com pontos do MPRC obtidos no levantamento. Outra forma utilizada para verificar tal ajustamento foi fazer uma análise visual ampliando o gráfico contendo os levantamentos e a linha de tendência da regressão linear (FIGURA 69).

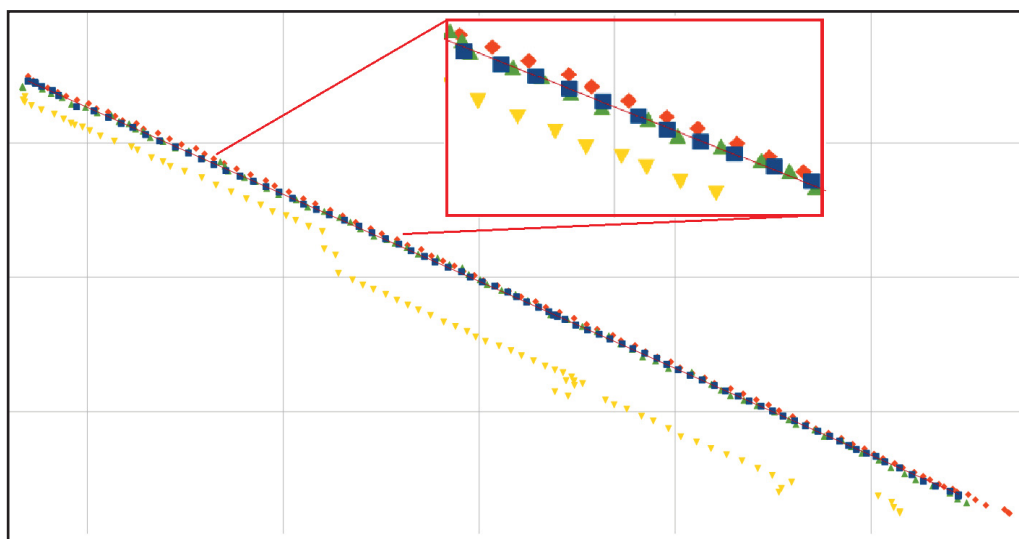


FIGURA 69 - Aproximação sobre os pontos das linhas de costa para a comprovação visual da relação da linha de tendência com os pontos do MPRC.

FONTE: O autor (2015).

Utilizando-se a linha de tendência, foram efetuados os cálculos das distâncias perpendiculares dos pontos avaliados à linha, obtendo dessa maneira os valores dos erros entre os dados tomados como padrão (MPRC) e os dados avaliados (Métodos Diferenciais GPS).

Na análise estatística realizada sobre os dados planimétricos avaliados, puderam-se comprovar as observações realizadas na análise visual (TABELA 104).

TABELA 104 - Análise estatística planimétrica de erro do levantamento da linha da praia do cais (vespertino).

Análise estatística planimétrica				
	Média do erro (m)	Erro máximo (m)	Erro mínimo (m)	Amplitude do erro (m)
RTG	0,1728	0,3276	0,0473	0,2803
RTK	2,0232	3,5365	0,7726	2,7639
NTRIP	0,0922	0,3989	0,0014	0,3975

FONTE: O autor (2015).

Na análise realizada em relação à acurácia, verificou-se que o RTG se mostrou o mais acurado dentre os equipamentos avaliados, com 0,2336 m de acurácia, contra 4,3692 e 0,3869 m do RTK e do NTRIP, respectivamente (TABELA 105).

TABELA 105 – Análise estatística planimétrica de acurácia do levantamento da linha da praia do cais (vespertino).

Análise estatística planimétrica				
	Média da acurácia (m)	Acurácia máxima (m)	Acurácia mínima (m)	Amplitude da acurácia (m)
RTG	0,2336	0,3998	0,0972	0,3026
RTK	4,3692	6,6550	2,5163	4,1387
NTRIP	0,3869	0,8527	0,0218	0,8309

FONTE: O autor (2015).

Em análise conjunta dos dados, pôde-se verificar que mesmo o levantamento tendo sido realizado simultaneamente por todos os equipamentos, houve variação no número de satélites observados e no valor do HDOP durante o levantamento da linha (FIGURA 70 e FIGURA 71). Tais diferenças podem ser atribuídas às diferenças existentes entre os *hardwares* (tipos de antenas, materiais utilizados na construção de antenas, entre outros) e os *softwares* (programas de processamento) dos equipamentos.

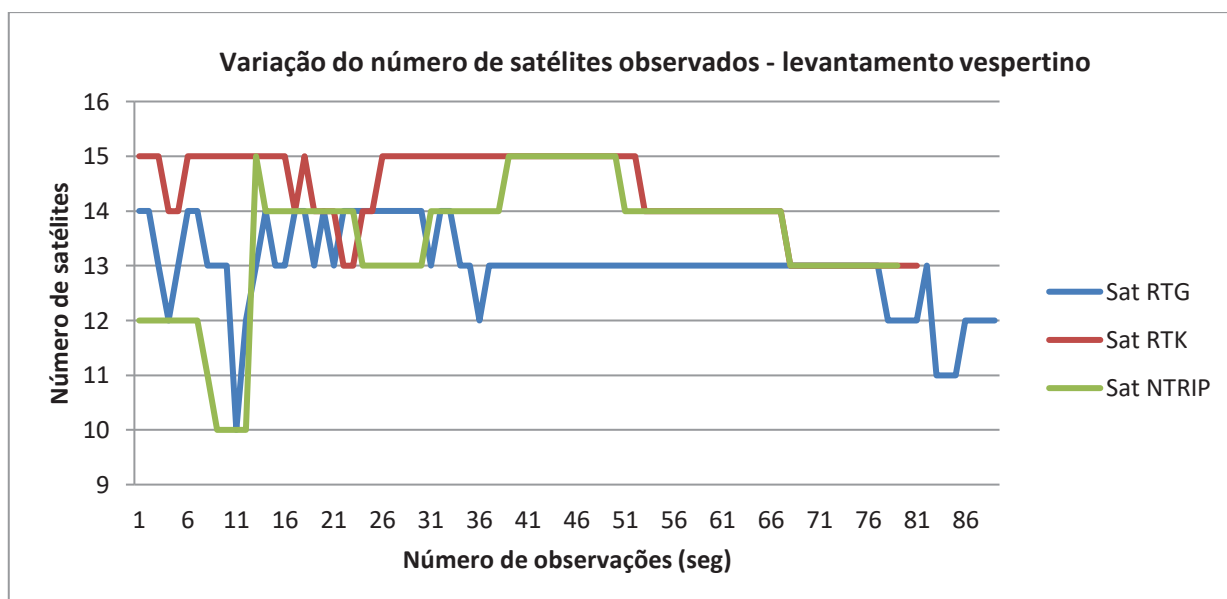


FIGURA 70 - Gráfico da variação do número de satélites observados no levantamento vespertino da linha da Praia do Cais.

FONTE: O autor (2015).

Dos equipamentos GPS Diferenciais utilizados, o RTK foi o que recebeu o maior número de satélites (GPS e GLONASS) durante o experimento, apresentando o melhor HDOP dentre os avaliados. Mesmo assim, foi ainda o equipamento que apresentou o maior desvio padrão, o que pode ser justificado pela totalidade das observações ter recebido apenas correções diferenciais do código.

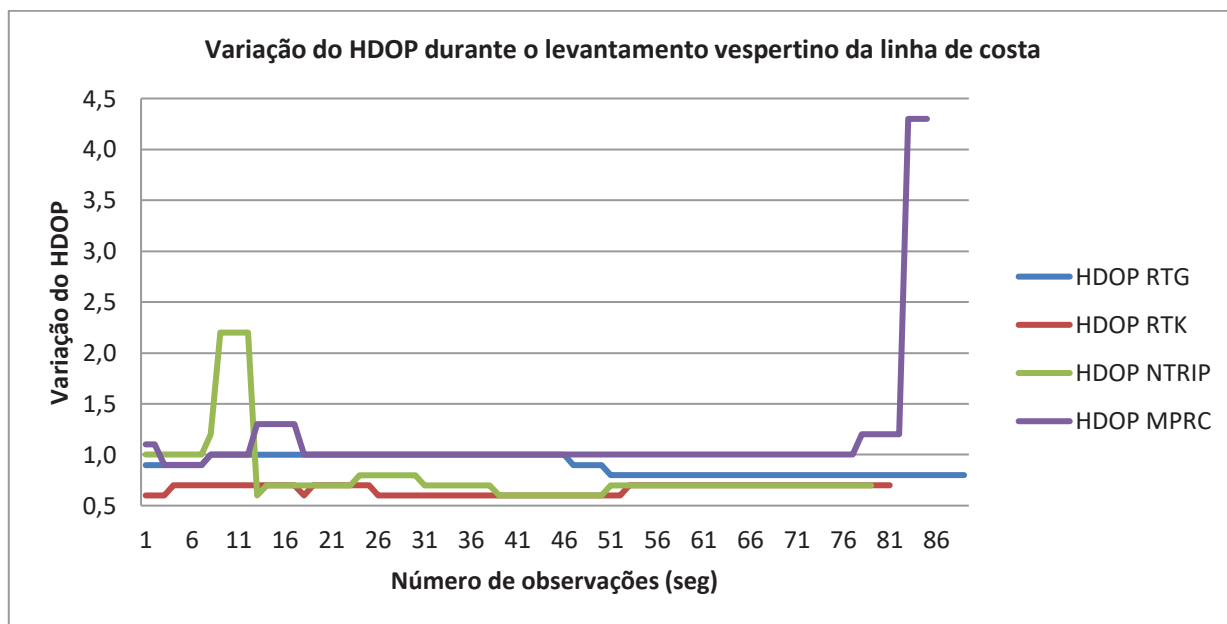


FIGURA 71 – Gráfico da variação do HDOP durante o levantamento da linha da praia do cais (vespertino).

FONTE: O autor (2015).

Como conclusão parcial do experimento, pode-se apontar que a linha de costa da Praia do Cais (período vespertino) posicionada pelo equipamento Diferencial GPS RTG foi a melhor, pois a amplitude de variação do erro planimétrico foi menor, assim como a média do desvio padrão da qualidade planimétrica.

4.2.2 Linha da Praia do Cais (levantamento noturno):

Um dos objetivos a ser alcançado em relação à realização da linha de costa da Praia do Cais (levantamento noturno) foi de obter resultados de rastreamento de uma mesma região sob diferentes constelações de satélites (GNSS).

Na análise visual dos dados, percebeu-se que a linha de costa realizada com o equipamento GPS Diferencial RTK apresentou maior discrepância do que as demais linhas no início do percurso, sendo seguida nesse quesito pelo equipamento GPS Diferencial NTRIP. No restante do percurso, todas as linhas avaliadas apresentaram grande coincidência entre si, apontando para a existência de maior acuracidade. O equipamento Diferencial GPS RTG é o que visualmente aparenta ser o mais acurado (FIGURA 59).

Em análise dos parâmetros definidores da qualidade do levantamento verificou-se que o levantamento RTK apresentou apenas soluções código (assim como no levantamento vespertino). A precisão relativa do posicionamento apresentou variação de 2,5 a 5,6 metros (amplitude maior que do levantamento vespertino), o HDOP oscilou entre 0,6 e 0,9, e número médio de satélites foi de 13 (TABELA 106). Comparando a variação do número de satélites no íterim com a variação do valor do HDOP, pôde-se verificar que a variação do primeiro no início do período rastreado não causou variação no segundo, aparentando somente efeito sobre a precisão planimétrica.

TABELA 106 - Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento GPS (levantamento noturno).

Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento GPS											
	DP plan min (m)	DP plan méd (m)	DP plan máx (m)	HDOP min	HDOP méd	HDOP máx	N° sat min	N° sat méd	N° sat máx	Soluções Fase	Soluções Código
RTG	0,1741	0,1947	0,2696	0,7	0,9	1,1	10	12	13	100%	0%
RTK	2,5439	2,7540	5,6173	0,6	0,7	0,9	12	13	14	0%	100%
NTRIP	0,0153	0,3324	7,2624	0,7	1,2	1,9	11	13	13	67%	33%
MPRC	0,0010	0,0038	0,0147	1,1	1,2	1,5					

FONTE: O autor (2015).

O equipamento RTG apresentou o número de satélites variando entre 10 e 13, e o HDOP entre 0,7 e 1,1. Todas as soluções foram obtidas através da fase da onda portadora. Sua precisão planimétrica média e máxima foi a melhor dentre os equipamentos testados.

O equipamento NTRIP apresentou 67% de soluções Fase e 33% de soluções Código. No início do período rastreado, o valor da precisão chegou a picos de aproximadamente 7,3 metros, mas posteriormente se estabilizou com valores por volta de 0,5 metros (FIGURA 72). A solução dos pontos subsequentes variou entre

código e fase. Apresentou os menores valores de precisão planimétrica do experimento.

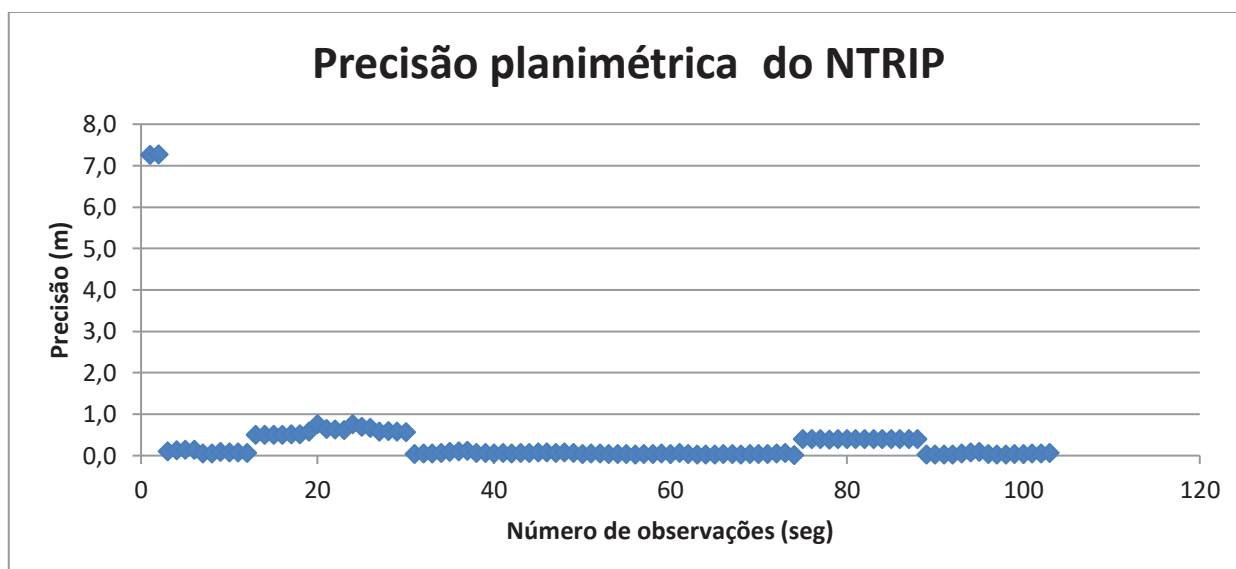


FIGURA 72 - Gráfico da precisão planimétrica do equipamento NTRIP (levantamento noturno).

FONTE: O autor (2015).

Retirando-se os picos iniciais e analisando-se o gráfico do rastreo NTRIP, verificou-se que com a entrada das soluções Código, há um aumento da degradação dos valores da precisão planimétrica do mesmo (FIGURA 73).

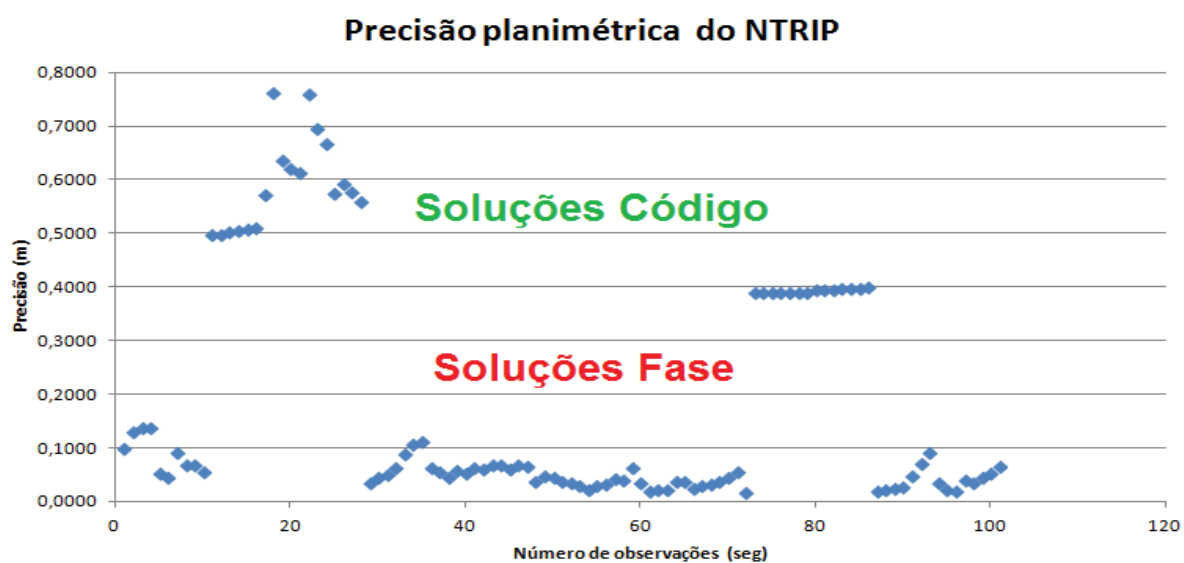


FIGURA 73 - Análise da diferença de precisão planimétrica entre as soluções fase e código no levantamento noturno da linha da Praia do Cais.

FONTE: O autor (2015).

Considerando-se apenas as observações contendo as soluções fase, a precisão planimétrica do NTRIP supera a do RTG em 0,14208 m (TABELA 107).

TABELA 107 - Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento Diferencial GPS NTRIP.

Parâmetros definidores da qualidade do posicionamento GPS											
	DP plan min (m)	DP plan méd (m)	DP plan máx (m)	HDOP min	HDOP méd	HDOP máx	N° sat min	N° sat méd	N° sat máx	Soluções Fase	Soluções Código
NTRIP Fase	0,0153	0,0519	0,1378	1,0	1,4	1,9	11	13	13	67%	0%
NTRIP Código	0,3885	0,9017	7,2624	0,7	0,7	0,9	11	13	13	0%	33%

FONTE: O autor (2015).

Com a filtragem dos pontos finalizada, realizou-se, como no levantamento vespertino, uma regressão linear simples, com as coordenadas das Componentes N e E do rastreo do MPRC. Obteve-se o valor de 0,9999 para o coeficiente de determinação da reta, indicando um ajuste de 99,99% da mesma com pontos do MPRC obtidos no levantamento. Utilizando-se a linha de tendência, foram efetuados os cálculos das distâncias perpendiculares dos pontos avaliados à linha, obtendo dessa maneira os valores da discrepância entre os dados tomados como padrão e os dados avaliados.

Outra forma utilizada para verificar tal ajustamento foi fazer uma análise visual ampliando o gráfico contendo os levantamentos e a linha de tendência da regressão linear. Nesta análise visual, se verificou que a linha de costa posicionada por meio do equipamento RTG seria a mais acurada dentre as demais, seguida pela linha de costa posicionada pelo equipamento NTRIP.

Na análise estatística realizada sobre os dados planimétricos avaliados, puderam-se comprovar as observações realizadas na análise visual (TABELA 108).

TABELA 108 - Análise estatística planimétrica de erro do levantamento noturno da linha da praia do cais.

Análise estatística planimétrica				
	Média do erro (m)	Erro máximo (m)	Erro mínimo (m)	Amplitude do erro (m)
RTG	0,1550	0,2756	0,0021	0,2735
RTK	0,3183	2,1275	0,0003	2,1272
NTRIP	0,1715	0,4424	0,0046	0,4378

FONTE: O autor (2015).

Na análise realizada em relação à acurácia, verificou-se que o RTG se mostrou o mais acurado dentre os métodos avaliados, com 0,3497 m de acurácia, contra 0,5039 e 3,0723 m do RTK e do NTRIP, respectivamente (TABELA 109)

TABELA 109 – Análise estatística planimétrica de acurácia do levantamento noturno da linha da praia do cais.

Análise estatística planimétrica				
	Média da acurácia (m)	Acurácia máxima (m)	Acurácia mínima (m)	Amplitude da acurácia (m)
RTG	0,3497	0,5452	0,1762	0,3690
RTK	3,0723	7,7448	2,5442	5,2006
NTRIP	0,5039	7,7048	0,0199	7,6849

FONTE: O autor (2015).

Em análise conjunta dos dados, pôde-se verificar que mesmo o levantamento tendo sido realizado simultaneamente por todos os equipamentos, houve variação no número de satélites observados e no valor do HDOP durante a realização do posicionamento da linha noturna (FIGURA 74 e FIGURA 75). Tal alteridade pode-se atribuir as disparidades entre *hardware* (tipos de antenas, materiais utilizados na construção de antenas, uso de diferentes constelações, entre outros) e *software* (programas de processamento) dos equipamentos.

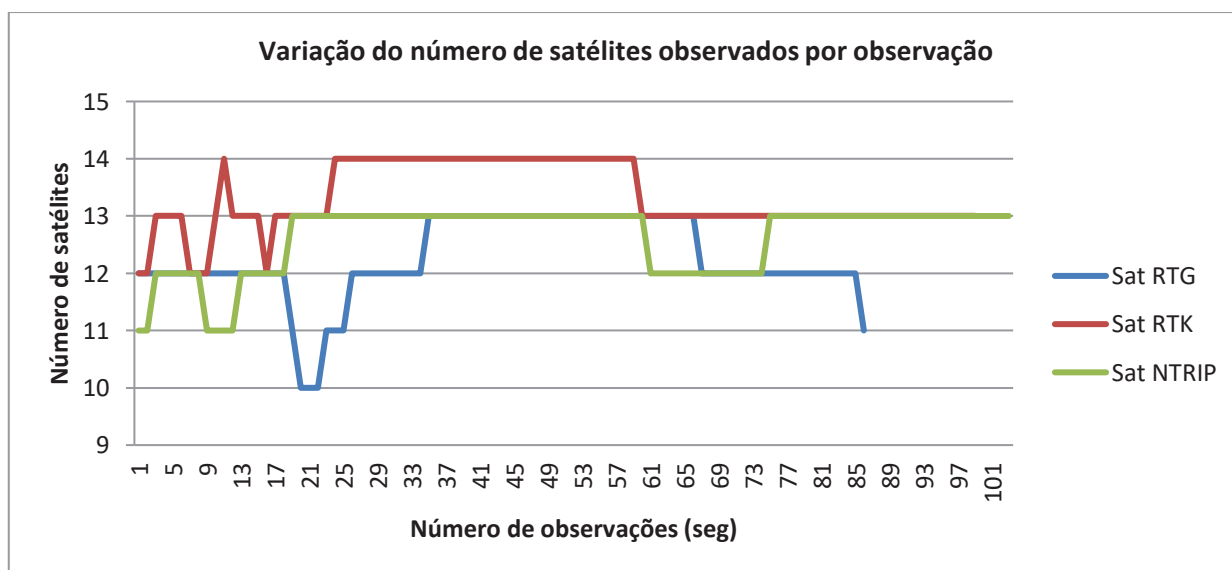


FIGURA 74- Gráfico exibindo a variação do número de satélites observados no levantamento noturno da linha da Praia do Cais.

FONTE: O autor (2015).

Dos equipamentos Diferenciais GPS utilizados, o RTK foi o que recebeu o maior número de satélites durante o experimento, apresentando o melhor HDOP dentre os avaliados. Mesmo assim, foi o equipamento que apresentou a maior precisão, o que pode ser justificado pelo fato de ter calculado soluções do tipo código (TABELA 106).

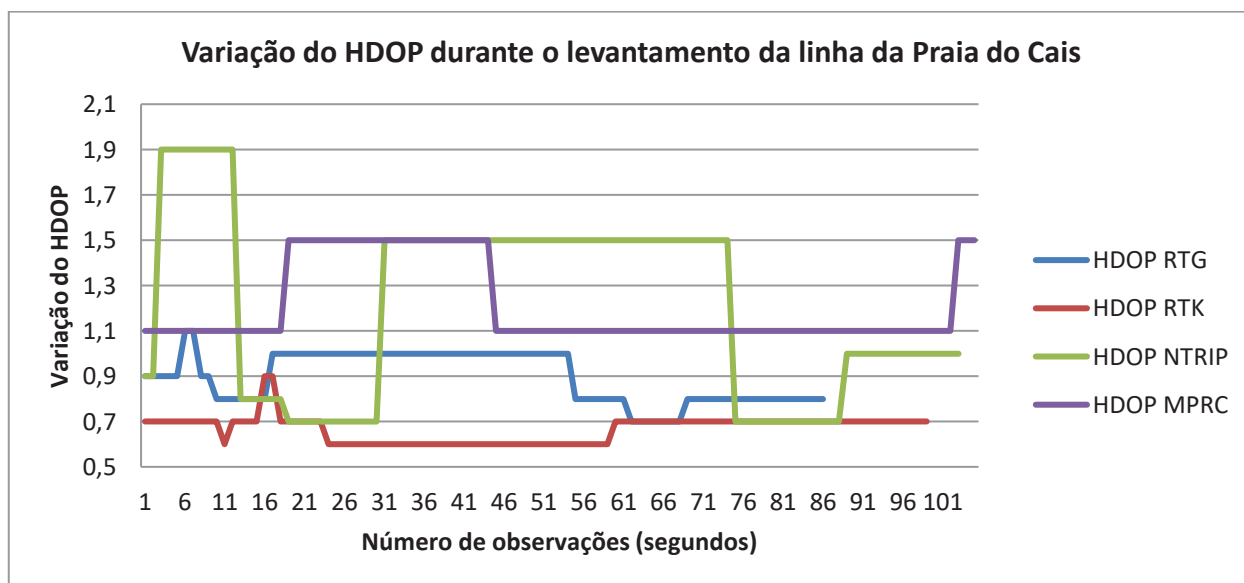


FIGURA 75 - Gráfico da variação do HDOP durante o levantamento da linha da Praia do Cais.

FONTE: O autor (2015).

Como conclusão parcial do experimento, pode-se apontar que o equipamento NTRIP foi melhor no que se refere à precisão planimétrica, e o equipamento RTG foi melhor em relação ao erro planimétrico.

4.2.3 Análise do tempo necessário de rastreamento para alcançar a precisão 0,1 metros

Foi realizada a análise do tempo necessário de rastreamento para que os equipamentos Diferenciais GPS avaliados cheguem a alcançar a precisão de 0,1 metros. Para tal, foi feita a verificação, levantamento a levantamento, do rol das observações, segundo a segundo, até a chegada das precisões aos valores desejados.

Em relação aos levantamentos realizados durante a execução do Experimento 02 (total de 30 rastreios), foi verificada que em 05 deles não foi alcançada a precisão esperada em toda a duração do rastreio. Em 04 levantamentos, a precisão desejada foi alcançada com o início das soluções por meio da fase. Em outro, a precisão foi alcançada mesmo sem o uso da solução fase (TABELA 110).

TABELA 110 - Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros.

Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros (segundos)				
Nome do ponto	Precisão Altimétrica	Precisão Planimétrica	Precisão 3D	obs
linha de costa - praia - vespertino - rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
linha de costa - praia - noturno - rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
linha de costa - praia - vespertino - rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
linha de costa - praia - noturno - rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
linha de costa - praia - vespertino - ntrip	375	375	375	solução com a entrada da fase
linha de costa - praia - noturno - ntrip	03	03	10	
linha de costa - pier - vespertino - rtk	01	01	01	solução com a entrada da fase
linha de costa - pier - noturno - rtk	01	01	01	solução com a entrada da fase
linha de costa - pier - vespertino - rtg	638	x	x	DP da alt zerou por 19 segundos
linha de costa - pier - noturno - rtg	195	x	x	DP da alt zerou por 12 segundos
linha de costa - pier - vespertino - ntrip	191	191	191	solução com a entrada da fase
linha de costa - pier - noturno - ntrip	x	x	x	não alcançou a precisão esperada

FONTE: O autor (2015).

O método de posicionamento diferencia que se mostrou mais acurado no levantamento da linha de costa, considerando-se todos os dados levantados (tanto os com a solução código/GPS SPS, como os com a solução fase/Diferencial GPS SPS), foi o RTG, com acurácia média de 0,2336 m no levantamento vespertino e 0,3497 m no levantamento noturno.

Ressalta-se, entretanto que, neste experimento, o RTK não apresentou soluções fase em nenhum dos levantamentos realizados.

4.3 ANÁLISE DE DESNÍVEIS DE UM PERFIL (Experimento 03)

Conforme descrito na seção 3.6.3 (FIGURA 17), os dados referentes ao Experimento 03 foram devidamente processados e analisados.

Os desníveis considerados padrão foram obtidos por meio de um nivelamento geométrico de visadas iguais efetuado neste perfil de acordo com o mencionado na seção 3.6.3.

Na TABELA 111 estão indicados os valores dos desníveis entre os piquetes, e o desnível total entre o primeiro e o último piquete. Percebe-se que o desnível entre esses é de 7,2445 m. O erro cometido neste nivelamento/contranivelamento foi inferior ao erro permitido de acordo com a NBR13133 (seção 3.6.3).

TABELA 111 – Valor médio dos desníveis obtidos com. o nivelamento geométrico ou desnível padrão.

Nivelamento geométrico - Classe IIN - Experimento 03					
Lances	Valor dos desníveis (m)	Distância média (m)	Erros permitidos (mm)	Erros cometidos (mm)	N (mm)
P1 - P2	0,7185	7,1500	1,6900	1,0000	20
P2 - P3	1,0175	7,6500	2,0000	2,0000	20
P3 - P4	0,7835	6,0500	1,5556	1,0000	20
P4 - P5	1,2090	5,0000	2,0000	2,0000	20
P5 - P6	1,0145	4,7500	1,3700	1,0000	20
P6 - P7	1,3185	4,5000	1,3400	1,0000	20
P7 - P8	1,1830	4,8000	1,3800	1,0000	20
Soma	7,2445				

FONTE: O autor (2015).

Conforme indicado na seção 3.6.3, foram realizados os posicionamentos pelo Método Relativo Estático Rápido (MPRER) dos 08 pontos. Na TABELA 112 é apresentada a configuração dos processamentos destes dados coletados em campo.

TABELA 112 – Configuração dos processamentos do MPRER.

Configuração dos Processamentos do MPRER	
Especificações	Seleções
Efemérides	Precisas
Modelo troposférico	Hopfield
Modelo ionosférico	Automático
Máscara de elevação	10°
Frequência do 1º Processamento	L1
Frequência do 2º Processamento	L1+L2
Solução	Automática
Antenas	Modelos IGS

FONTE: O autor (2015).

No primeiro processamento realizado, não foi possível resolver as ambiguidades para os pontos 05 e 06, ficando a solução encontrada para os referidos pontos do tipo float (TABELA 113). Estas soluções devem estar correlacionadas com a arborização a noroeste citada na seção 3.6.3, visto que tais pontos se encontram nas imediações desta obstrução.

TABELA 113 – Coordenadas UTM, tipo de solução e ambiguidade obtidas com o processamento do levantamento GPS na frequência L1.

Resultados do 1º Processamento - Frequência L1						
Pontos	Frequência	Comp E (m)	Comp N (m)	Altitude elipsoidal (m)	Tipo de solução	Ambiguidades
PF01	L1	691987,5505	7468038,3951	-4,1039	Phase: all fix	Yes
PF02	L1	691992,3953	7468041,8011	-3,3590	Phase: all fix	Yes
PF03	L1	691997,8010	7468038,2883	-2,3385	Phase: all fix	Yes
PF04	L1	691995,9595	7468043,4066	-1,5871	Phase: all fix	Yes
PF05	L1	692000,1444	7468040,9299	-0,2430	Float	No
PF06	L1	691998,6664	7468045,4183	0,9965	Float	No
PF07	L1	692002,4690	7468043,3871	1,9655	Phase: all fix	Yes
PF08	L1	692001,6075	7468047,6577	3,1647	Phase: all fix	Yes

FONTE: O autor (2015).

As precisões altimétricas e planimétricas alcançadas foram da ordem de décimos de milímetros, com exceção dos pontos 05 e 06, que apresentaram suas precisões na casa dos centímetros (TABELA 114).

TABELA 114 - Precisoões obtidas com o processamento do levantamento GPS na frequência L1.

Resultados do 1º Processamento - Frequência L1						
Pontos	Frequência	Precisão E (m)	Precisão N (m)	Precisão h (m)	Precisão plan (m)	Precisão inclinada (m)
PF01	L1	0,0002	0,0002	0,0006	0,0002	0,0002
PF02	L1	0,0002	0,0002	0,0008	0,0003	0,0002
PF03	L1	0,0005	0,0005	0,0023	0,0007	0,0005
PF04	L1	0,0002	0,0002	0,0008	0,0003	0,0002
PF05	L1	0,0253	0,0118	0,0237	0,0279	0,0255
PF06	L1	0,0172	0,0081	0,0410	0,0190	0,0173
PF07	L1	0,0003	0,0003	0,0008	0,0004	0,0003
PF08	L1	0,0003	0,0003	0,0009	0,0004	0,0003

FONTE: O autor (2015).

Na análise dos dados do rastreo, verificou-se que o número de satélites observados variou entre 10 e 12, e que o maior valor de DOP encontrado foi o GDOP

máximo do ponto 06, e o menor valor de DOP encontrado foram os HDOPs mínimos dos pontos 01, 03, 07 e 09 (TABELA 115).

TABELA 115 - Análise dos dados obtidos do processamento do levantamento GPS na frequência L1.

Resultados do 1º Processamento - Frequência L1										
Pontos	Frequência	Nº de satélites	GDOP min	GDOP max	PDOP min	PDOP max	HDOP min	HDOP max	VDOP min	VDOP max
PF01	L1	11	2,5	2,6	2,1	2,2	0,9	1,1	1,9	1,9
PF02	L1	11	2,4	4,1	2,0	3,3	1,1	1,4	1,7	3,0
PF03	L1	12	2,2	2,5	1,9	2,1	0,9	1,0	1,7	1,9
PF04	L1	10	2,7	3,0	2,3	2,5	1,1	1,2	2,0	2,3
PF05	L1	12	2,3	3,2	1,9	2,6	1,0	1,4	1,6	2,2
PF06	L1	11	2,9	4,6	2,3	3,6	1,1	2,1	2,0	2,9
PF07	L1	12	2,2	3,0	1,9	2,5	0,9	1,2	1,7	2,1
PF08	L1	11	2,5	3,0	2,1	2,5	0,9	1,1	1,9	2,2

FONTE: O autor (2015).

No segundo processamento realizado, utilizando-se as frequências L1 e L2, foram resolvidas todas as ambiguidades para os pontos 08 pontos rastreados, ficando a solução encontrada para os referidos pontos do tipo *fixed* (TABELA 116).

TABELA 116 – Coordenadas utm, tipo de solução e ambiguidade obtidas com o processamento do levantamento GPS nas frequências L1 e L2.

Resultados do 2º Processamento - Frequências L1 e L2						
Pontos	Frequências	Comp E (m)	Comp N (m)	Altitude elipsoidal (m)	Tipo de solução	Ambiguidade
PF01	L1+L2	691987,5509	7468038,3958	-4,1071	Phase: all fix	Yes
PF02	L1+L2	691992,3978	7468041,8038	-3,3655	Phase: all fix	Yes
PF03	L1+L2	691997,8003	7468038,2858	-2,3303	Phase: all fix	Yes
PF04	L1+L2	691995,9583	7468043,4048	-1,5831	Phase: all fix	Yes
PF05	L1+L2	692000,1214	7468040,8849	-0,3876	Phase: all fix	Yes
PF06	L1+L2	691998,7300	7468045,4200	0,6318	Phase: all fix	Yes
PF07	L1+L2	692002,4689	7468043,3898	1,9567	Phase: all fix	Yes
PF08	L1+L2	692001,6067	7468047,6579	3,1694	Phase: all fix	Yes

FONTE: O autor (2015).

As precisões altimétricas e planimétricas alcançadas ficaram na ordem de décimos de milímetros, com exceção da precisão altimétrica do ponto 03, que se apresentou na casa dos milímetros (TABELA 117).

TABELA 117 – Precisões obtidas com o processamento do levantamento GPS nas frequências L1 e L2.

Resultados do 2º Processamento - Frequência L1 e L2						
Pontos	Frequências	Precisão E (m)	Precisão N (m)	Precisão h (m)	Precisão plan (m)	Precisão inclinada (m)
PF01	L1+L2	0,0001	0,0001	0,0004	0,0002	0,0001
PF02	L1+L2	0,0001	0,0002	0,0005	0,0002	0,0001
PF03	L1+L2	0,0004	0,0004	0,0019	0,0006	0,0004
PF04	L1+L2	0,0002	0,0002	0,0008	0,0003	0,0002
PF05	L1+L2	0,0001	0,0001	0,0004	0,0002	0,0001
PF06	L1+L2	0,0001	0,0003	0,0005	0,0003	0,0001
PF07	L1+L2	0,0002	0,0002	0,0006	0,0003	0,0002
PF08	L1+L2	0,0002	0,0003	0,0007	0,0003	0,0002

FONTE: O autor (2015).

Na análise dos dados do rastreo GPS, em seu segundo processamento, verificou-se que o número de satélites observados variou entre 08 e 12, e que o maior valor de DOP encontrado foi o GDOP máximo do ponto 06, e os menores valores de DOP foram os HDOPs mínimos dos pontos 01, 03, 07 e 09 (TABELA 118).

TABELA 118 – Análise dos dados obtidos do processamento do levantamento GPS nas frequências L1 e L2.

Resultados do 2º Processamento - Frequências L1 e L2										
Pontos	Frequências	Nº de satélites	GDOP min	GDOP max	PDOP min	PDOP max	HDOP min	HDOP max	VDOP min	VDOP max
PF01	L1+L2	11	2,5	2,6	2,1	2,2	0,9	1,1	1,9	1,9
PF02	L1+L2	11	2,4	4,1	2,0	3,3	1,1	1,4	1,7	3,0
PF03	L1+L2	12	2,2	2,5	1,9	2,1	0,9	1,0	1,7	1,9
PF04	L1+L2	10	2,7	3,0	2,3	2,5	1,1	1,2	2,0	2,3
PF05	L1+L2	10	2,7	3,1	2,3	2,6	1,3	1,4	1,8	2,2
PF06	L1+L2	8	4,0	4,9	3,2	3,9	2,0	2,1	2,6	3,3
PF07	L1+L2	12	2,2	3,0	1,9	2,5	0,9	1,2	1,7	2,1
PF08	L1+L2	11	2,5	3,0	2,1	2,5	0,9	1,1	1,9	2,2

FONTE: O autor (2015).

Da comparação dos valores dos desníveis obtidos entre o nivelamento geométrico e o rastreo GPS realizado e processado com as frequências L1 e L1+L2, verificou-se que os desníveis do nivelamento apresentaram valores próximos àqueles obtidos pelo Rastreo GPS L1+L2 (FIGURA 76).

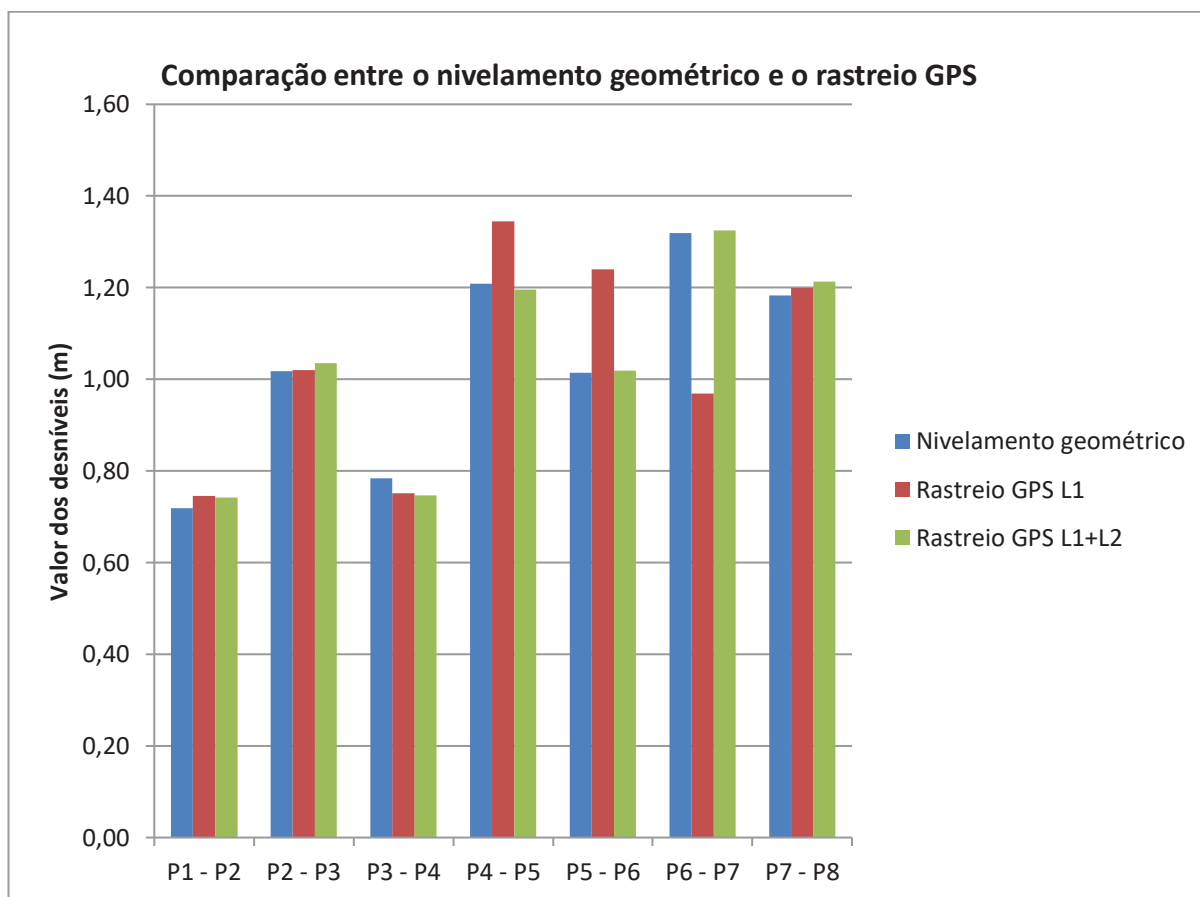


FIGURA 76 – Comparação entre o nivelamento geométrico e o rastreo GPS.

FONTE: O autor (2015).

Na TABELA 119, percebe-se que as maiores diferenças entre os desníveis obtidos por meio do nivelamento geométrico e pelos rastreios GPS ocorrem nos lances em que as soluções apenas com o processamento da frequência L1 foram flutuantes (PF05 e PF06). Na comparação destes desníveis com aqueles obtidos com as soluções do processamento L1+L2, verifica-se que as diferenças em 03 lances (P4-P5, P5-P6 e P6-P7) foram inferiores a 1,4 centímetros, enquanto que no primeiro caso foi de aproximadamente 20 centímetros.

TABELA 119 – comparação entre lances (discrepâncias encontradas).

Comparação entre lances - Discrepâncias encontradas (metros)			
Lances	L1 e Niv. Geométrico	L1+L2 e Niv. Geométrico	L1 e L1+L2
P1 - P2	-0,0264	-0,0231	0,0033
P2 - P3	-0,0030	-0,0177	-0,0147
P3 - P4	0,0321	0,0363	0,0042
P4 - P5	-0,1351	0,0135	0,1486
P5 - P6	-0,2250	-0,0049	0,2201
P6 - P7	0,3495	-0,0064	-0,3559
P7 - P8	-0,0162	-0,0297	-0,0135
Somatório	-0,0241	-0,0320	0,0079
Média	-0,0034	-0,0046	-0,0011

FONTE: O autor (2015).

Analizando o perfil traçado do terreno, considerando um plano horizontal de referência passando pelo ponto PF01, verificou-se visualmente que o perfil do nivelamento geométrico coincidiu com o perfil do rastreo GPS L1+L2, enquanto que o perfil do rastreo GPS L1 apresentou diferenças perceptíveis em altura nos pontos 05 e 06 (mesmos pontos que apresentaram solução das ambiguidades do tipo *float*) (FIGURA 77).

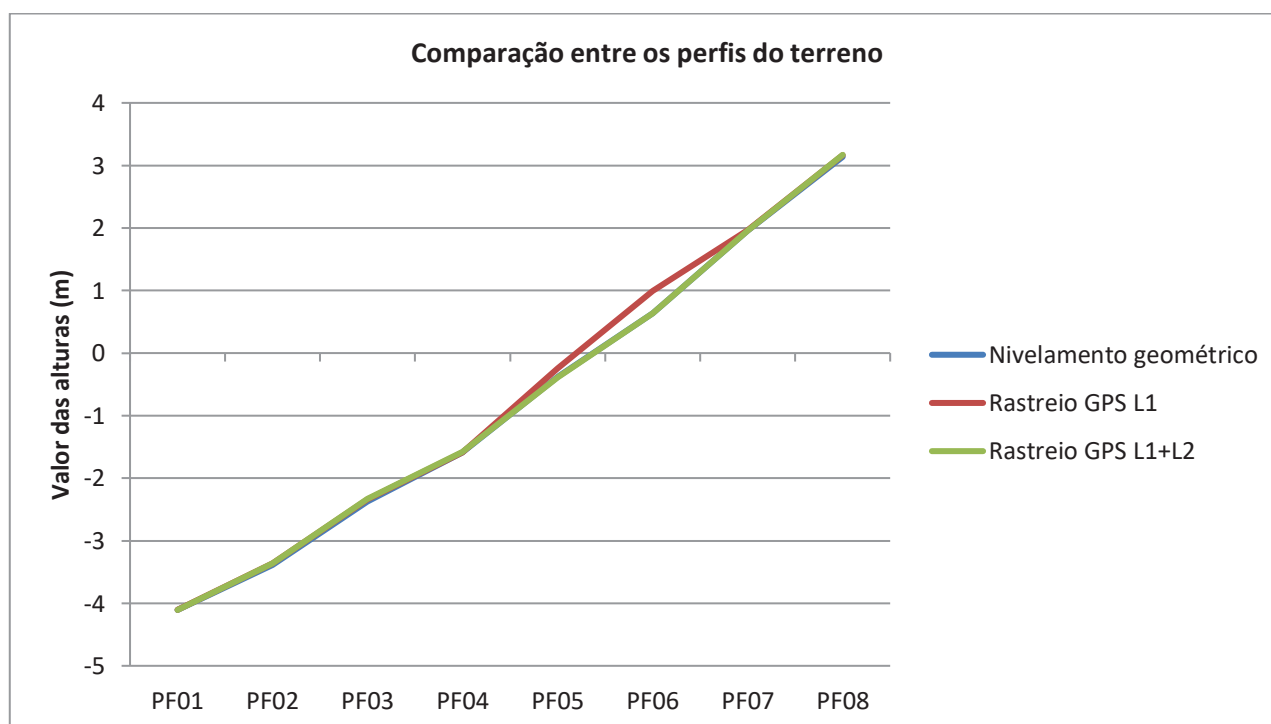


FIGURA 77 – Comparação entre os perfis do terreno.

FONTE: O autor (2015).

Através da utilização dos softwares MAPGEO2010 e MAPGEO2015, verificou-se que, em ambos, os valores da ondulação geoidal para os 8 piquetes foi a mesma (-6,02 m para o MAPGEO2015 e -5,98 m para o MAPGEO2010).

4.3.1 Análise dos desníveis realizados com os equipamentos avaliados (RTK, NTRIP e RTG)

Nas análises de erro e precisão do desnível PF0201, considerando nos cálculos realizados as soluções fase/Diferencial GPS SPS obtidas nos rastreios, os melhores resultados obtidos na precisão altimétrica foram do rastreio matinal do NTRIP, com 0,0554 m. O equipamento RTK não obteve soluções fase nos levantamentos matinais e vespertinos, assim como o NTRIP em seu levantamento vespertino. Em relação ao erro altimétrico do equipamento RTG, o melhor resultado foi apresentado pelos rastreios do RTG2, com erro e precisão altimétricos de 0,0412 e 0,0800 m, respectivamente (TABELA 120).

TABELA 120 - Análise de erro e precisão do PF0201.

Análise de erro e precisão do PF0201 (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0201RTK1	x	x	x	x
PF0201RTK2	x	x	x	x
PF0201NTRIP1	0,7189	0,0004	0,0554	0,0558
PF0201NTRIP2	x	x	x	x
PF0201RTG1	0,3391	0,3794	0,1510	0,5305
PF0201RTG2	0,7597	0,0412	0,0800	0,1211

FONTE: O autor (2015).

Quando da utilização com filtros com as soluções fase/Diferencial GPS SPS para a análise, não foi possível verificar o comportamento dos rastreios realizados

pelo equipamento RTK, já que o mesmo apresentou somente soluções código. Dos demais equipamentos, o NTRIP apresentou melhor resultado para o filtro box-plot em precisão altimétrica (0,0422 metros) (TABELA 121).

TABELA 121 - Análise de erro e precisão do PF0201 com filtros.

Análise de erro e precisão do PF0201 (valores em metros)				
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro box-plot				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0201RTK1	x	x	x	x
PF0201RTK2	x	x	x	x
PF0201NTRIP1	0,7189	0,0004	0,0422	0,0426
PF0201NTRIP2	x	x	x	x
PF0201RTG1	0,3391	0,3794	0,1585	0,5379
PF0201RTG2	0,7455	0,0270	0,0616	0,0887
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro máscara (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0201RTK1	x	x	x	x
PF0201RTK2	x	x	x	x
PF0201NTRIP1	0,7149	0,0036	0,0554	0,0590
PF0201NTRIP2	x	x	x	x
PF0201RTG1	0,3289	0,3896	0,1510	0,5407
PF0201RTG2	0,7411	0,0226	0,0639	0,0865

FONTE: O autor (2015).

Analisando os rastreios realizados com a aplicação do filtro box-plot, o ganho em erro foi nulo no NTRIP1 e no RTG1. Em relação à precisão, o NTRIP1 obteve 0,0132 m de ganho, enquanto que o RTG1 apresentou perda de 0,0075 m. (TABELA 122). Quando do uso do filtro de máscara (TABELA 123), o NTRIP1 e o RTG1 apresentaram perda quanto ao erro de 0,0031 e 0,0102 m, respectivamente. O ganho em precisão desses mesmos levantamentos foi nulo, resultando dessa forma acurácias negativas nos resultados das análises realizadas.

TABELA 122 - Análise dos ganhos de erro e precisão do PF0201 com filtro box-plot.

Análise de erro e precisão do PF0201 (valores em metros) - Filtro box-plot			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0201RTK1	x	x	x
PF0201RTK2	x	x	x
PF0201NTRIP1	0,0000	0,0132	0,0132
PF0201NTRIP2	x	x	x
PF0201RTG1	0,0000	-0,0075	-0,0075
PF0201RTG2	0,0141	0,0183	0,0325

FONTE: O autor (2015).

TABELA 123 - Análise dos ganhos de erro e precisão do PF0201 com filtro de máscara.

Análise de erro e precisão do PF0201 (valores em metros) - Filtro de máscara			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0201RTK1	x	x	x
PF0201RTK2	x	x	x
PF0201NTRIP1	-0,0031	0,0000	-0,0031
PF0201NTRIP2	x	x	x
PF0201RTG1	-0,0102	0,0000	-0,0102
PF0201RTG2	0,0185	0,0161	0,0346

FONTE: O autor (2015).

Em relação ao desnível PF0302, verificou-se que os levantamentos RTK, e o levantamento vespertino NTRIP não obtiveram soluções fase. O NTRIP1 apresentou melhores erro e precisão altimétricos (0,0233 e 0,0662 m, respectivamente), enquanto que o RTG matutino dispôs de resultados mais precisos e acurados que o vespertino (TABELA 124).

TABELA 124 - Análise de erro e precisão do PF0302.

Análise de erro e precisão do PF0302 (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0302RTK1	x	x	x	x
PF0302RTK2	x	x	x	x
PF0302NTRIP1	0,9942	0,0233	0,0662	0,0894
PF0302NTRIP2	x	x	x	x
PF0302RTG1	0,9795	0,0380	0,0648	0,1029
PF0302RTG2	0,6281	0,3894	0,3323	0,7217

FONTE: O autor (2015).

Na análise do segundo desnível com a utilização de filtros com as soluções fase/Diferencial GPS SPS, verificou-se que a precisão altimétrica do NTRIP1 apresentou valores mais baixos, assim como o erro do RTG2 e o erro e a precisão do RTG2 (TABELA 125).

TABELA 125 - Análise de erro e precisão do PF0302 com filtros.

Análise de erro e precisão do PF0302 (valores em metros)				
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro box-plot				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0302RTK1	x	x	x	x
PF0302RTK2	x	x	x	x
PF0302NTRIP1	0,9942	0,0233	0,0532	0,0765
PF0302NTRIP2	x	x	x	x
PF0302RTG1	0,9795	0,0380	0,0578	0,0959
PF0302RTG2	0,6423	0,3752	0,2057	0,5809

Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro máscara (valores em metros)

Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0302RTK1	X	X	X	X
PF0302RTK2	X	X	X	X
PF0302NTRIP1	0,9997	0,0178	0,0662	0,0839
PF0302NTRIP2	X	X	X	X
PF0302RTG1	0,9863	0,0312	0,0648	0,0960
PF0302RTG2	0,5992	0,4183	0,3163	0,7346

FONTE: O autor (2015).

Na TABELA 126, com o uso do filtro box-plot em relação ao erro, observa-se que o mesmo dispôs ganho nulo para o NTRIP1 e para o RTG1. Já quanto à precisão, o NTRIP1 apresentou ganho de 0,0129 m e os RTG de 0,0070 e 0,1266 m. Quando do uso do filtro de máscara, verificou-se ganho nulo em precisão para o NTRIP1 e o RTG1, porém ganho de 0,0055 e 0,0068 m em erro para ambos, desta forma (TABELA 127).

TABELA 126 - Análise dos ganhos com erro e precisão do PF0302 com filtro box-plot.

Análise de erro e precisão do PF0302 (valores em metros) - Filtro box-plot			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0302RTK1	x	x	x
PF0302RTK2	x	x	x
PF0302NTRIP1	0,0000	0,0129	0,0129
PF0302NTRIP2	x	x	x
PF0302RTG1	0,0000	0,0070	0,0070
PF0302RTG2	0,0141	0,1266	0,1407

FONTE: O autor (2015).

TABELA 127 - Análise dos ganhos com erro e precisão do PF0302 com filtro de máscara.

Análise de erro e precisão do PF0302 (valores em metros) - Filtro de máscara			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0302RTK1	x	x	x
PF0302RTK2	x	x	x
PF0302NTRIP1	0,0055	0,0000	0,0055
PF0302NTRIP2	x	x	x
PF0302RTG1	0,0068	0,0000	0,0068
PF0302RTG2	-0,0290	0,0161	-0,0129

FONTE: O autor (2015).

Na análise de PF0403, os levantamentos RTK1 e RTK2, assim como o NTRIP2, não obtiveram soluções fase. O NTRIP1 apresentou erro altimétrico de 0,0410 m, e precisão altimétrica de 0,0630 m. O RTG1 se mostrou mais acurado que o RTG2 (TABELA 128).

Em comparação às soluções fase/Diferencial GPS SPS sem a utilização de filtros, o NTRIP1 apresentou melhora na precisão altimétrica (0,0558 m), assim como

o RTG1 e o RTG2 (0,0767 e 0,2134 m, respectivamente) (TABELA 129). Com a aplicação do filtro de máscara, os valores referentes à precisão altimétrica não se alteram.

TABELA 128 - Análise de erro e precisão do PF0403 .

Análise de erro e precisão do PF0403 (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0403RTK1	x	x	x	x
PF0403RTK2	x	x	x	x
PF0403NTRIP1	0,8245	0,0410	0,0630	0,1040
PF0403NTRIP2	x	x	x	x
PF0403RTG1	0,9766	0,1931	0,0948	0,2879
PF0403RTG2	0,5975	0,1860	0,3393	0,5252

FONTE: O autor (2015).

TABELA 129 - Análise de erro e precisão do PF0403 com filtros.

Análise de erro e precisão do PF0403 (valores em metros)				
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro box-plot				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0403RTK1	x	x	x	x
PF0403RTK2	x	x	x	x
PF0403NTRIP1	0,8245	0,0410	0,0558	0,0968
PF0403NTRIP2	x	x	x	x
PF0403RTG1	0,9766	0,1931	0,0767	0,2698
PF0403RTG2	0,5975	0,1860	0,2134	0,3994

Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro máscara (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0403RTK1	X	X	X	X
PF0403RTK2	X	X	X	X
PF0403NTRIP1	0,8192	0,0357	0,0630	0,0987
PF0403NTRIP2	X	X	X	X
PF0403RTG1	0,9992	0,2157	0,0948	0,3105
PF0403RTG2	0,6363	0,1472	0,3393	0,4865

FONTE: O autor (2015).

Com o cálculo do ganho do erro altimétrico, verifica-se que o mesmo é nulo para todos os levantamentos com o filtro box-plot (TABELA 130). Já em precisão, o

ganho do RTG foi de 0,1258 m. Já o filtro de máscara apresentou ganhos nulos para as precisões dos levantamentos (TABELA 131).

TABELA 130 - Análise de ganhos em erro e precisão do PF0403 com filtro box-plot.

Análise de erro e precisão do PF0403 (valores em metros) - Filtro box-plot			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0403RTK1	x	x	x
PF0403RTK2	x	x	x
PF0403NTRIP1	0,0000	0,0072	0,0072
PF0403NTRIP2	x	x	x
PF0403RTG1	0,0000	0,0181	0,0181
PF0403RTG2	0,0000	0,1258	0,1258

FONTE: O autor (2015).

TABELA 131 - Análise de ganhos erro e precisão do PF0403 com filtro de máscara.

Análise de erro e precisão do PF0403 (valores em metros) - Filtro de máscara			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0403RTK1	x	x	x
PF0403RTK2	x	x	x
PF0403NTRIP1	0,0053	0,0000	0,0053
PF0403NTRIP2	x	x	x
PF0403RTG1	-0,0226	0,0000	-0,0226
PF0403RTG2	0,0387	0,0000	0,0387

FONTE: O autor (2015).

Em relação ao desnível PF0504, o NTRIP apresentou soluções fase tanto no levantamento matutino, como no levantamento vespertino. O NTRIP1 e o RTG2 dispuseram de precisão altimétrica menor que 0,1 m (TABELA 132).

TABELA 132 - Análise de erro e precisão do PF0504.

Análise de erro e precisão do PF0504 (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0504RTK1	x	x	x	x
PF0504RTK2	x	x	x	x
PF0504NTRIP1	1,2376	0,0286	0,0754	0,1040
PF0504NTRIP2	0,9198	0,2892	0,2524	0,5417
PF0504RTG1	1,8276	0,6186	0,4292	1,0478
PF0504RTG2	1,0470	0,1620	0,0744	0,2364

FONTE: O autor (2015).

Em relação à análise da redução do erro altimétrico com o uso dos filtros, verificou-se que com o uso do filtro box-plot houve apenas uma redução dentro das 04 possíveis. Com a aplicação do filtro de máscara houve 03 reduções. Com a precisão, 04 dentre 04 ocorrências tiveram seu valor reduzido com o filtro box-plot (TABELA 133).

TABELA 133 - Análise de erro e precisão do PF0504 com filtros.

Análise de erro e precisão do PF0504 (valores em metros)				
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro box-plot				
Nome do ponto	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0504RTK1	x	x	x	x
PF0504RTK2	x	x	x	x
PF0504NTRIP1	1,2365	0,0275	0,0526	0,0801
PF0504NTRIP2	0,9198	0,2892	0,2041	0,4933
PF0504RTG1	1,8276	0,6186	0,0993	0,7180
PF0504RTG2	1,0470	0,1620	0,0539	0,2159
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro máscara (valores em metros)				
Nome do ponto	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0504RTK1	x	x	x	x
PF0504RTK2	x	x	x	x
PF0504NTRIP1	1,2414	0,0324	0,0742	0,1066
PF0504NTRIP2	0,9264	0,2826	0,2524	0,5350
PF0504RTG1	1,7877	0,5787	0,4292	1,0079
PF0504RTG2	1,0512	0,1578	0,0744	0,2322

FONTE: O autor (2015).

Analisando os ganhos dos erros altimétricos quando da utilização do filtro box-plot, verifica-se que apenas o NTRIP1 apresentou valor positivo (0,0012 m), enquanto os outros 03 dispuseram valores nulos (TABELA 134). Comparativamente, o mesmo comportamento ocorreu na análise dos ganhos das precisões altimétricas com a utilização do filtro de máscara (TABELA 135).

TABELA 134 - Análise de ganhos em erro e precisão do PF0504 com filtro box-plot.

Análise de erro e precisão do PF0504 (valores em metros) - Filtro box-plot			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0504RTK1	x	x	x
PF0504RTK2	x	x	x
PF0504NTRIP1	0,0012	0,0228	0,0239
PF0504NTRIP2	0,0000	0,0484	0,0484
PF0504RTG1	0,0000	0,3298	0,3298
PF0504RTG2	0,0000	0,0205	0,0205

FONTE: O autor (2015).

TABELA 135 - Análise de ganhos em erro e precisão do PF0504 com filtro de máscara.

Análise de erro e precisão do PF0504 (valores em metros) - Filtro de máscara			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0504RTK1	x	x	x
PF0504RTK2	x	x	x
PF0504NTRIP1	-0,0038	0,0012	-0,0026
PF0504NTRIP2	0,0066	0,0000	0,0066
PF0504RTG1	0,0399	0,0000	0,0399
PF0504RTG2	0,0042	0,0000	0,0042

FONTE: O autor (2015).

No desnível PF0605, houve recepção de soluções fase pelo RTK2, e não houve pelos NTRIP1 e NTRIP2. O menor erro altimétrico apresentado foi o do RTK1 (0,4681 m), e a menor precisão altimétrica foi a do RTG2 (0,0664) (TABELA 136).

TABELA 136 - Análise de erro e precisão do PF0605 .

Análise de erro e precisão do PF0605 (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0605RTK1	x	x	x	x
PF0605RTK2	0,5464	0,4681	1,1625	1,6306
PF0605NTRIP1	x	x	x	x
PF0605NTRIP2	x	x	x	x
PF0605RTG1	0,2639	0,7506	0,4391	1,1897
PF0605RTG2	1,1296	0,1151	0,0664	0,1815

FONTE: O autor (2015).

Em relação à aplicação dos filtros às soluções fase/Diferencial GPS SPS, não houve alteração no valor dos erros quando da aplicação ou não do filtro box-plot, porém, quanto a precisão, houve melhora em todas as ocorrências. Já com a utilização do filtro de máscara, observou-se redução nos valores dos erros altimétricos (TABELA 137).

TABELA 137 - Análise de erro e precisão do PF0605 com filtros.

Análise de erro e precisão do PF0605 (valores em metros)				
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro box-plot				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0605RTK1	x	x	x	x
PF0605RTK2	0,5464	0,4681	1,1889	1,6570
PF0605NTRIP1	x	x	x	x
PF0605NTRIP2	x	x	x	x
PF0605RTG1	0,2639	0,7506	0,0912	0,8417
PF0605RTG2	1,1296	0,1151	0,0499	0,1651
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro máscara (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0605RTK1	x	x	x	x
PF0605RTK2	0,9855	0,0290	1,1625	1,1914
PF0605NTRIP1	x	x	x	x
PF0605NTRIP2	x	x	x	x
PF0605RTG1	0,2963	0,7182	0,4391	1,1573
PF0605RTG2	1,1189	0,1044	0,0664	0,1708

FONTE: O autor (2015).

Com o uso do filtro box-plot nas soluções fase do PF0605, verificou-se que o ganho no erro altimétrico foi nulo em todas as ocorrências (TABELA 138). Quanto à precisão, o RTK2 apresentou perda de 0,0264 m, e o RTG1 e o RTG2 ganho de 0,3480 e 0,0164 m, respectivamente. O filtro de máscara, por sua vez, teve ganho nulo na precisão altimétrica, e ganho positivo de 0,4392 m no RTK2 (TABELA 139).

TABELA 138 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0605 com filtro box-plot.

Análise de erro e precisão do PF0605 (valores em metros) - Filtro box-plot			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0605RTK1	x	x	x
PF0605RTK2	0,0000	-0,0264	-0,0264
PF0605NTRIP1	x	x	x
PF0605NTRIP2	x	x	x
PF0605RTG1	0,0000	0,3480	0,3480
PF0605RTG2	0,0000	0,0164	0,0164

FONTE: O autor (2015).

TABELA 139 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0605 com filtro de máscara.

Análise de erro e precisão do PF0605 (valores em metros) - Filtro de máscara			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0605RTK1	x	x	x
PF0605RTK2	0,4392	0,0000	0,4392
PF0605NTRIP1	x	x	x
PF0605NTRIP2	x	x	x
PF0605RTG1	0,0324	0,0000	0,0324
PF0605RTG2	0,0107	0,0000	0,0107

FONTE: O autor (2015).

No PF0706, não houve recepção de soluções fase pelo RTK1, assim como pelos NTRIP1 e NTRIP2. O RTG2 teve sua precisão altimétrica abaixo de 0,1 m (TABELA 140).

TABELA 140 - Análise de erro e precisão do PF0706 .

Análise de erro e precisão do PF0706 (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0706RTK1	x	x	x	x
PF0706RTK2	0,5464	0,7721	1,1625	1,9346
PF0706NTRIP1	x	x	x	x
PF0706NTRIP2	x	x	x	x
PF0706RTG1	3,3710	2,0525	1,7409	3,7934
PF0706RTG2	1,1991	0,1194	0,0989	0,2184

FONTE: O autor (2015).

Com a utilização dos filtros, verificou-se que houve melhora em precisão em 03 ocorrências, e em erro em 04 ocorrências (TABELA 141).

TABELA 141 - análise de erro e precisão do PF0706 com filtros.

Análise de erro e precisão do PF0706 (valores em metros)				
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro box-plot				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0706RTK1	x	x	x	x
PF0706RTK2	0,5464	0,7721	1,1889	1,9610
PF0706NTRIP1	x	x	x	x
PF0706NTRIP2	x	x	x	x
PF0706RTG1	2,5082	1,1897	1,1305	2,3203
PF0706RTG2	1,1991	0,1194	0,0811	0,2006
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro máscara (em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0706RTK1	x	x	x	x
PF0706RTK2	0,9855	0,3330	1,1625	1,4954
PF0706NTRIP1	x	x	x	x
PF0706NTRIP2	x	x	x	x
PF0706RTG1	2,7546	1,4361	1,0258	2,4620
PF0706RTG2	1,2216	0,0969	0,0989	0,1958

FONTE: O autor (2015).

Analisando o ganho obtido com a aplicação dos filtros, verificou-se que apenas o RTG1 apresentou ganho em erro altimétrico com o filtro box-plot (0,8627 m), e em precisão altimétrica com o filtro de máscara (0,7151 m) (TABELA 142 e TABELA 143).

TABELA 142 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0706 com filtro box-plot.

Análise de erro e precisão do PF0706 (valores em metros) - Filtro box-plot			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0706RTK1	x	x	x
PF0706RTK2	0,0000	-0,0264	-0,0264
PF0706NTRIP1	x	x	x
PF0706NTRIP2	x	x	x
PF0706RTG1	0,8627	0,6104	1,4731
PF0706RTG2	0,0000	0,0178	0,0178

FONTE: O autor (2015).

TABELA 143 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0706 com filtro de máscara.

Análise de erro e precisão do PF0706 (valores em metros) - Filtro de máscara			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0706RTK1	x	x	x
PF0706RTK2	0,4392	0,0000	0,4392
PF0706NTRIP1	x	x	x
PF0706NTRIP2	x	x	x
PF0706RTG1	0,6163	0,7151	1,3314
PF0706RTG2	0,0225	0,0000	0,0225

FONTE: O autor (2015).

Em relação ao desnível PF0808, verificou-se que todos os levantamentos (matutinos e vespertinos) obtiveram soluções fase/Diferencial GPS SPS. O RTK1, NTRIP1 e NTRIP2 apresentaram valores de precisão altimétrica abaixo de 0,1 m, e também foram os que apresentaram os menores erros planimétricos. (TABELA 144).

TABELA 144 - Análise de erro e precisão do PF0807.

Análise de erro e precisão do PF0807 (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0807RTK1	1,1951	0,0121	0,0509	0,0629
PF0807RTK2	0,5464	0,6366	1,1625	1,7991
PF0807NTRIP1	1,1900	0,0070	0,0504	0,0573
PF0807NTRIP2	1,1473	0,0357	0,0454	0,0811
PF0807RTG1	0,7229	0,4601	1,7591	2,2192
PF0807RTG2	0,6232	0,5598	0,2749	0,8347

FONTE: O autor (2015).

Com a utilização do filtro box-plot, o NTRIP1 teve seu erro altimétrico diminuído, e em relação à precisão altimétrica, o RTK2 teve seu valor aumentado (TABELA 145). Quanto ao filtro de máscara, o RTK2 e o NTRIP1 tiveram seus erros diminuídos, e em precisão, todos os levantamentos matutinos também apresentaram essa característica.

TABELA 145 - Análise de erro e precisão do PF0807 com filtros.

Análise de erro e precisão do PF0807 (valores em metros)				
Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro box-plot				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0807RTK1	1,2029	0,0199	0,0306	0,0505
PF0807RTK2	0,5464	0,6366	1,1889	1,8255
PF0807NTRIP1	1,1887	0,0057	0,0364	0,0422
PF0807NTRIP2	1,1473	0,0357	0,0436	0,0794
PF0807RTG1	0,1399	1,0431	1,1638	2,2069
PF0807RTG2	0,6232	0,5598	0,1788	0,7386

Soluções fase/Diferencial GPS SPS - Filtro máscara (valores em metros)				
Nome do desnível	Valor do desnível GPS	Erro Altimétrico	Precisão Altimétrica	Acurácia Altimétrica
PF0807RTK1	1,2054	0,0224	0,0289	0,0514
PF0807RTK2	0,9855	0,1975	1,1625	1,3599
PF0807NTRIP1	1,1880	0,0050	0,0411	0,0462
PF0807NTRIP2	1,1468	0,0362	0,0454	0,0816
PF0807RTG1	0,1545	1,0285	1,0440	2,0725
PF0807RTG2	0,5231	0,6599	0,2749	0,9348

FONTE: O autor (2015).

Analisando os erros altimétricos, observou-se que com o filtro box-plot os desníveis apresentaram 02 perdas, 03 valores nulos e 01 ganho, enquanto que com o uso do filtro de máscara foram 04 perdas e 02 ganhos (TABELA 146 e TABELA 147). Já quanto à precisão altimétrica, houve apenas 01 perda com o RTK2 utilizando o filtro box-plot.

TABELA 146 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0807 com filtro box-plot.

Análise de erro e precisão do PF0807 (valores em metros) - Filtro box-plot			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0807RTK1	-0,0078	0,0202	0,0280
PF0807RTK2	0,0000	-0,0264	0,0264
PF0807NTRIP1	0,0013	0,0139	0,0152
PF0807NTRIP2	0,0000	0,0018	0,0018
PF0807RTG1	-0,5830	0,5954	1,1784
PF0807RTG2	0,0000	0,0960	0,0960

FONTE: O autor (2015).

TABELA 147 - Análise dos ganhos em erro e precisão do PF0807 com filtro de máscara.

Análise de erro e precisão do PF0807 (valores em metros) - Filtro de máscara			
Nome do desnível	Ganho Erro	Ganho Precisão	Ganho Acurácia
PF0807RTK1	-0,0104	0,0219	0,0116
PF0807RTK2	0,4392	0,0000	0,4392
PF0807NTRIP1	0,0019	0,0093	0,0112
PF0807NTRIP2	-0,0005	0,0000	-0,0005
PF0807RTG1	-0,5683	0,7151	0,1468
PF0807RTG2	-0,1001	0,0000	-0,1001

FONTE: O autor (2015).

Considerando-se todos os desníveis realizados, verificou-se o comportamento quanto ao ganho (positivo, negativo ou nulo) em relação ao erro, à precisão e à acurácia quando do uso do filtro box-plot e do filtro de máscara com as soluções fase/Diferencial GPS SPS na FIGURA 78.

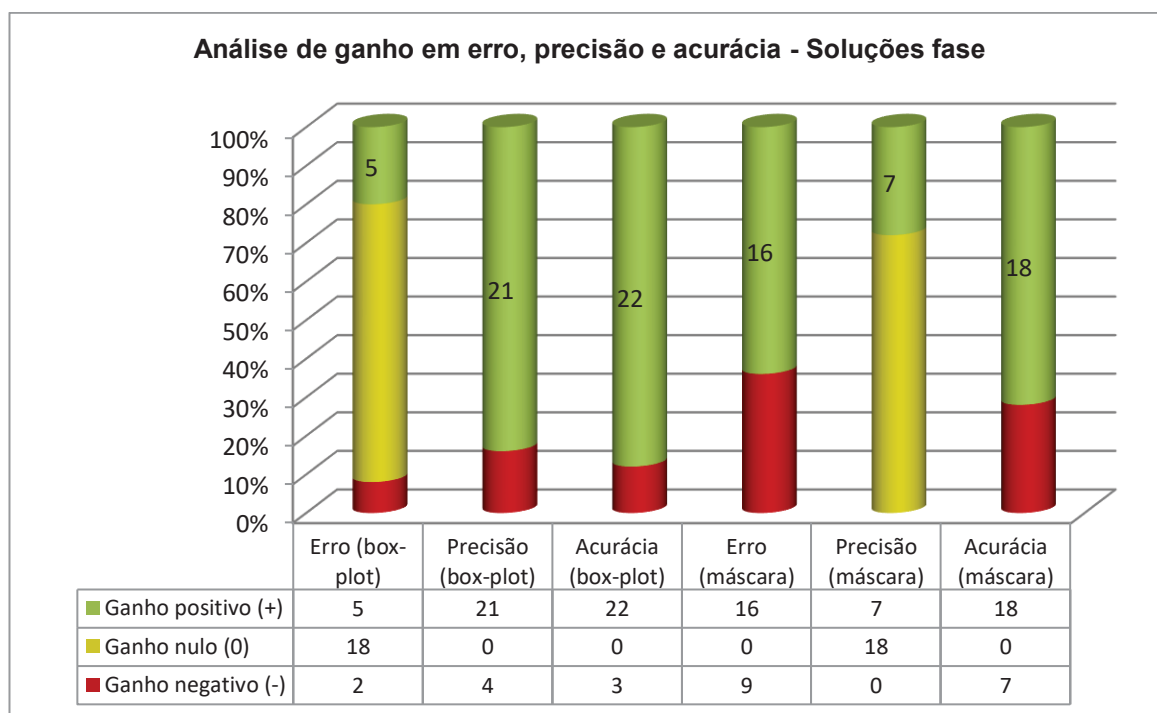


FIGURA 78 – Análise de ganho em erro, precisão e acurácia – soluções fase/Diferencial GPS SPS.

FONTE: O autor (2015).

Analisando-se o erro, a precisão e a acurácia médios dos desníveis para os levantamentos diferenciais em relação à filtragem, verificou-se que quanto ao erro e à

acurácia altimétricos, o filtro de máscara alcançou melhores resultados, enquanto que quanto à precisão, os melhores resultados foram do filtro box-plot (FIGURA 79).

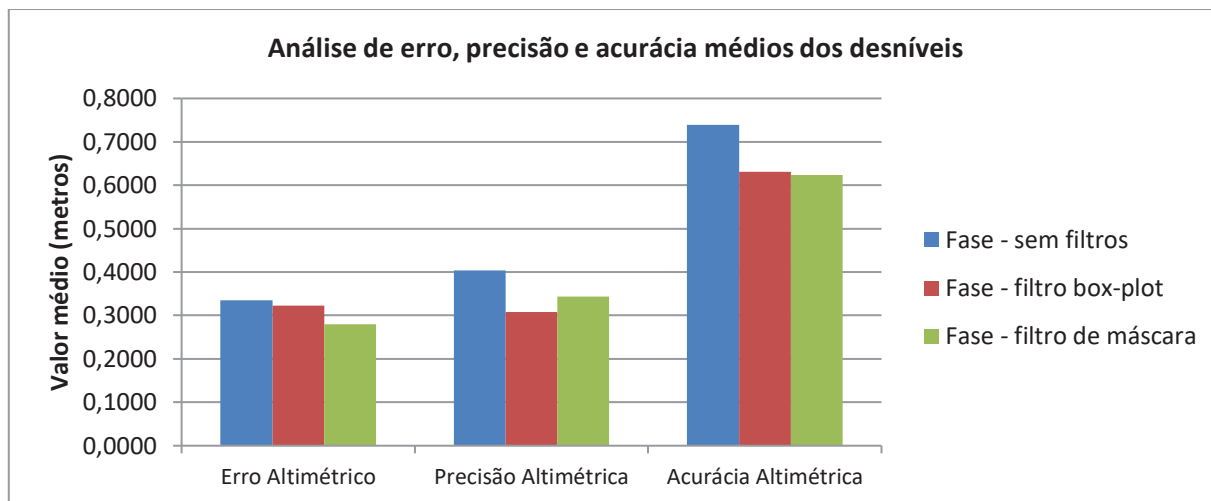


FIGURA 79 – Análise de erro, precisão e acurácia médios dos desníveis.

FONTE: O autor (2015).

Quando da análise do equipamento RTK, os menores valores apresentados em erro e acurácia altimétricos são das soluções fase com o uso do filtro de máscara (FIGURA 80).

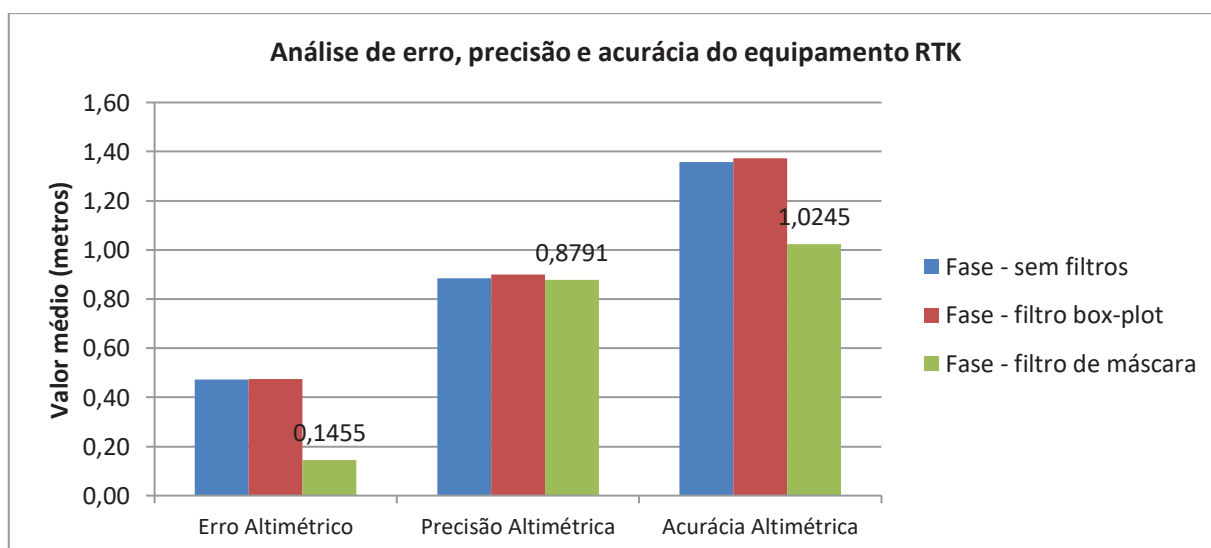


FIGURA 80 – Análise de erro, precisão e acurácia do equipamento RTK.

FONTE: O autor (2015).

Os menores valores em precisão e acurácia altimétricas, em relação aos equipamentos NTRIP, foram apresentados pelas soluções fase com uso do filtro box-plot (FIGURA 81).

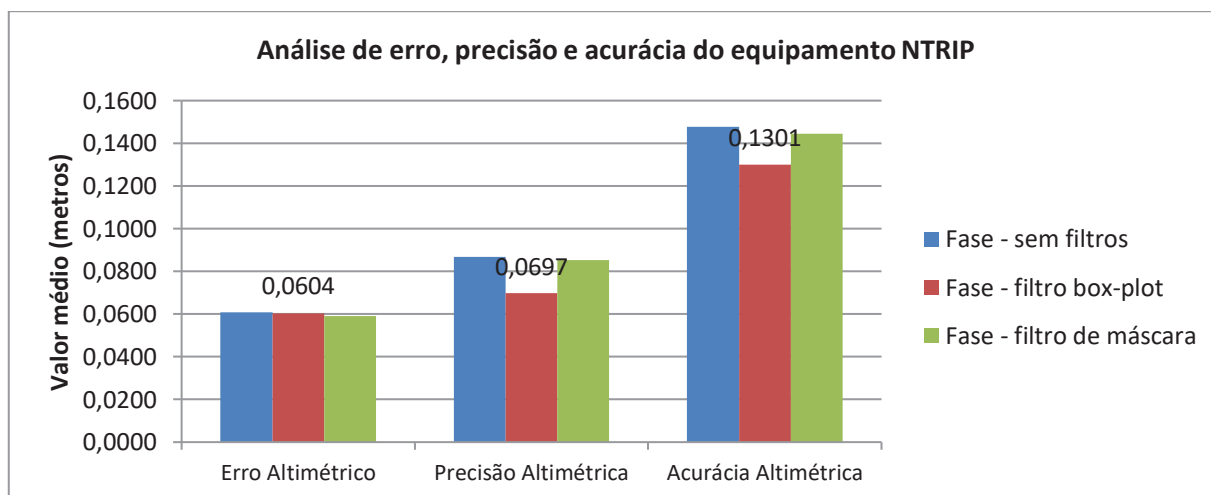


FIGURA 81 – Análise de erro, precisão e acurácia do equipamento NTRIP.

FONTE: O autor (2015).

Os valores do erro, da precisão e da acurácia do equipamento RTG foram melhores quando da utilização das soluções Diferencial GPS SPS com o filtro box-plot (FIGURA 82).

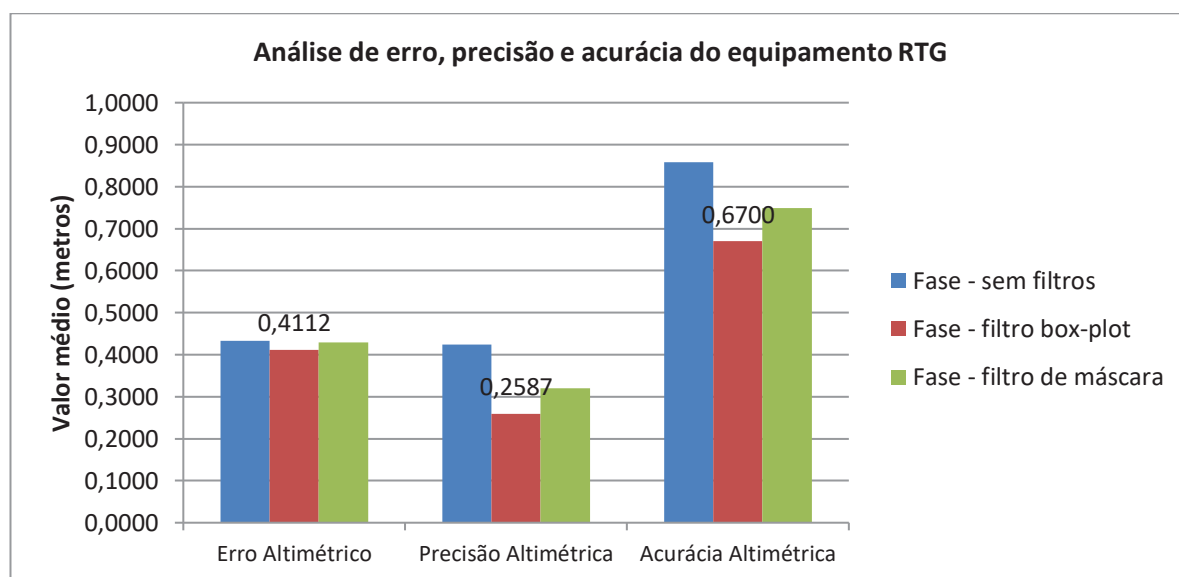


FIGURA 82 – Análise de erro, precisão e acurácia do equipamento RTG.

FONTE: O autor (2015).

4.3.2 Análise do tempo necessário de rastreo para alcançar a precisão 0,1 metros

Foi realizada a análise do tempo necessário de rastreo para que os equipamentos Diferencial GPS avaliados cheguem a alcançar a precisão de 0,1 metros. Em relação aos levantamentos realizados durante a execução do experimento 03 (total de 48 rastreios), foi verificado que em 30 deles não foi alcançada a precisão esperada em toda a duração do rastreo. Em 13 levantamentos, a precisão desejada foi alcançada com as soluções fase/Diferencial GPS SPS. Em outros 05, a precisão foi alcançada mesmo sem as soluções fase/Diferencial GPS SPS (TABELA 148 e TABELA 149).

TABELA 148 – Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros (1ª parte).

Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros (segundos)				
Nome do ponto	Precisão Altimétrica	Precisão Planimétrica	Precisão 3D	observações
pf11rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf12rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf11ntrip	25	25	25	solução com a entrada da fase
pf12ntrip	1	1	1	solução com a entrada da fase
pf11rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf12rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf21rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf22rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf21ntrip	99	99	99	solução com a entrada da fase
pf22ntrip	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf21rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf22rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf31rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf32rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf31ntrip	1	1	23	
pf32ntrip	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf31rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf32rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf41rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf42rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf41ntrip	4	4	4	
pf42ntrip	195	198	198	
pf41rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf42rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada

FONTE: O autor (2015).

TABELA 149 - tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros (2ª parte).

Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros (segundos)				
Nome do ponto	Precisão Altimétrica	Precisão Planimétrica	Precisão 3D	observações
pf51rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf52rtk	1	1	1	solução com a entrada da fase
pf51ntrip	1	1	1	solução com a entrada da fase
pf52ntrip	37	38	38	
pf51rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf52rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf61rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf62rtk	51	51	51	solução com a entrada da fase
pf61ntrip	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf62ntrip	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf61rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf62rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf71rtk	20	20	20	solução com a entrada da fase
pf72rtk	1	1	1	solução com a entrada da fase
pf71ntrip	69	69	69	solução com a entrada da fase
pf72ntrip	1	1	1	solução com a entrada da fase
pf71rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf72rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf81rtk	164	164	164	solução com a entrada da fase
pf82rtk	51	51	51	solução com a entrada da fase
pf81ntrip	1	1	2	
pf82ntrip	1	1	1	solução com a entrada da fase
pf81rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
pf82rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada

FONTE: O autor (2015).

4.4 ANÁLISE DE ÁREA E DE PERFIS LONGITUDINAL E TRANSVERSAL DE PRAIA A PARTIR DE MDT (Experimento 04)

Na sequência, são apresentados os resultados obtidos com o processamento dos dados coletados com o MPRC na área da praia (Praia do Cais) e efetuadas as devidas análises, visando obter as áreas e os volumes padrão. Posteriormente, divide-se esta seção em duas subseções, sendo a primeira a análise da área da praia e a segunda a análise de perfis longitudinal e transversal dessa praia a partir de MDT. Nelas, serão comparadas áreas e perfis padrão com as áreas e os perfis calculados

a partir das soluções obtidas com os métodos diferenciais (RTK, NTRIP, e RTG). Foi levado ainda em consideração as ocupações realizadas em maré alta e maré baixa, contribuindo para uma análise final de progradação e retrogradação da área desta praia.

De acordo com o indicado na seção 3.6.3, foram realizados os posicionamentos pelo Método Relativo Cinemático (MPRC) das linhas referentes aos perímetros da praia durante as marés alta e baixa, e também perfis longitudinais e transversais dessa mesma praia em ambos os períodos de marés citados anteriormente. Na TABELA 150 é apresentada a configuração dos processamentos destes dados coletados em campo.

TABELA 150 – Configuração dos processamentos do MPRC.

Configuração dos Processamentos do MPRC	
Especificações	Seleções
Efemérides	Precisas
Modelo troposféricos	Hopfield
Modelo ionosférico	Automático
Máscara de elevação	10°
Frequência do processamento	L1+L2
Solução	Automática
Antenas	Modelos IGS

FONTE: O autor (2015).

O trajeto realizado no contorno da praia durante a maré alta gerou uma linha com 361 vetores com todas as ambiguidades resolvidas. Teve o perímetro da área percorrida de 78,378 metros. Já o trajeto feito durante a maré baixa gerou uma linha com 513 vetores com todas as ambiguidades resolvidas, e com um perímetro de 105,913 metros.

Na análise da qualidade dos levantamentos padrão, verificou-se que o levantamento do perímetro MPRC - maré alta apresentou GDOP médio igual a 2,2 por quase todo o período do rastreamento, apresentando um pico de 4,7 ao final do mesmo (FIGURA 83).

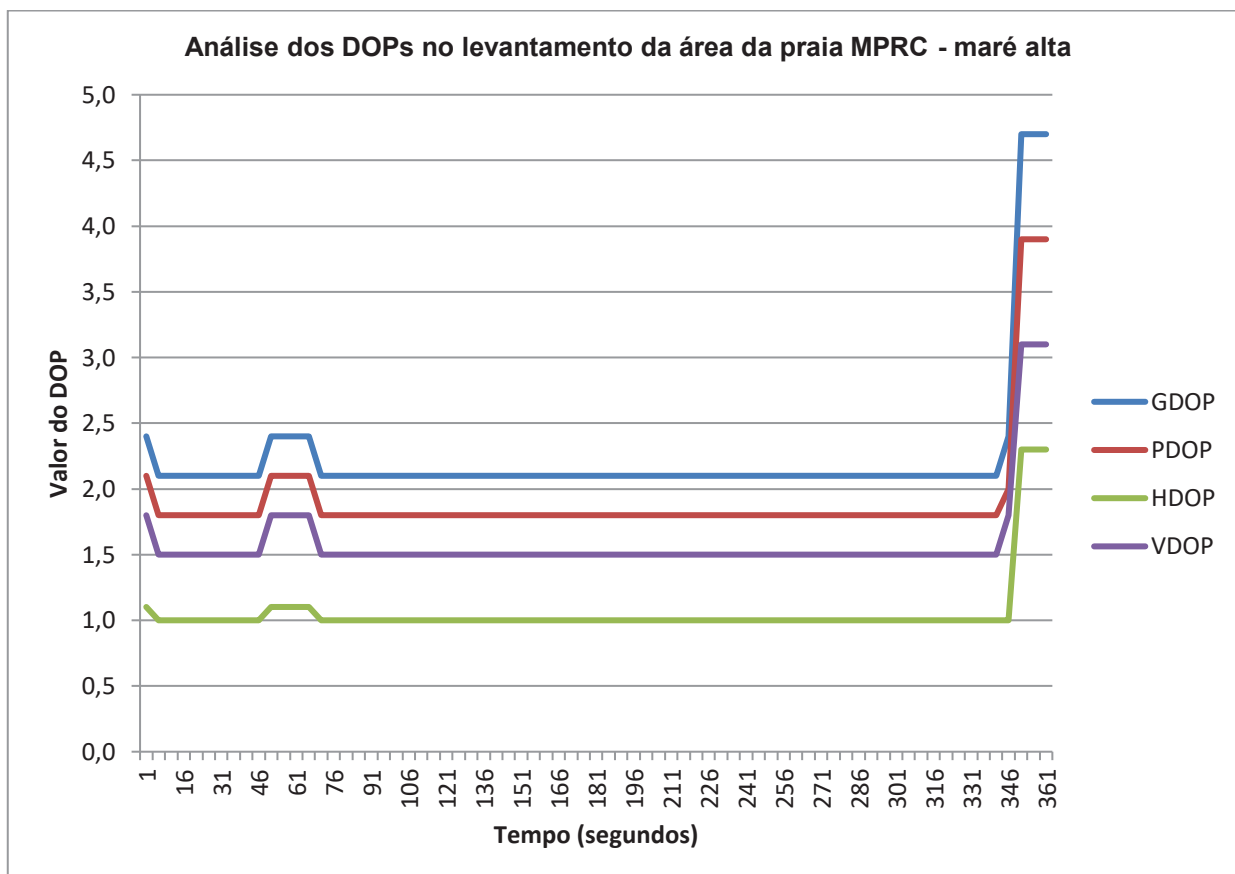


FIGURA 83 – Análise dos dops no levantamento da área da praia MPRC (maré alta).

FONTE: O autor (2015).

Analisando as precisões planimétricas do levantamento da área da praia com o MPRC durante a maré alta, verificou-se que durante praticamente todo o trajeto, as mesmas se mantiveram entre 0,0007 e 0,0059 m, apresentando um pico de 0,0184 m próximo ao final do levantamento (FIGURA 84), fato este que corrobora com a elevação do valor do GDOP indicado na FIGURA 83.

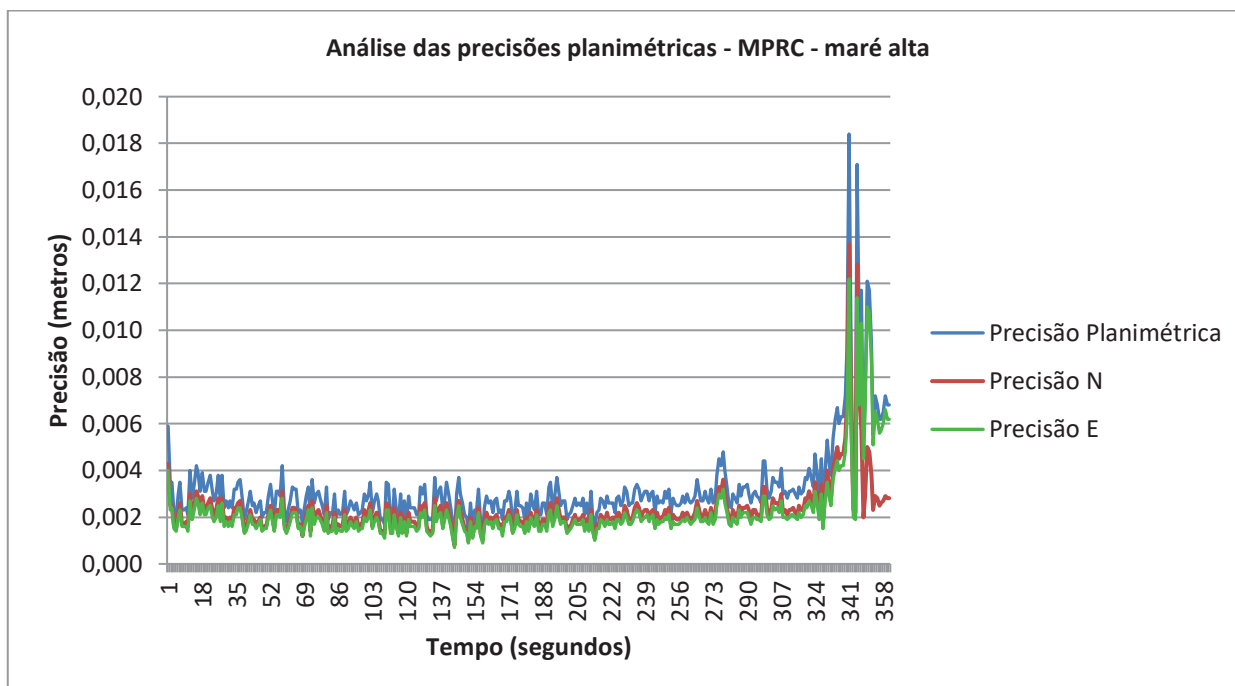


FIGURA 84 – Análise das precisões planimétricas do MPRC (maré alta).

FONTE: O autor (2015).

Em relação às precisões altimétrica e tridimensional, verificou-se uma variação durante o levantamento de 0,0024 a 0,0153 m, alcançando um pico de 0,0448 m ao se aproximar do fim do trajeto (FIGURA 85).

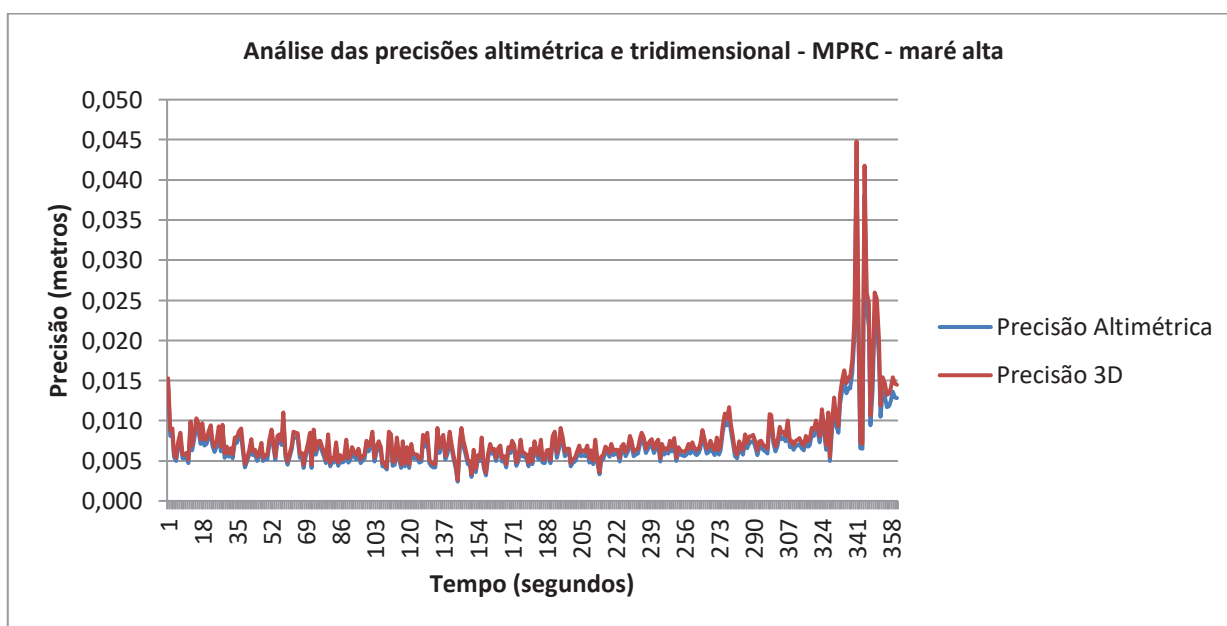


FIGURA 85 - Análise das precisões altimétrica e tridimensional do MPRC (maré alta).

FONTE: O autor (2015).

No levantamento do perímetro da praia com o MPRC durante a maré baixa, o GDOP médio apresentado foi igual a 1,8. Foram detectados valores máximos de 2,2 logo no início do rastreo, e também a partir do segundo 321 (FIGURA 86).

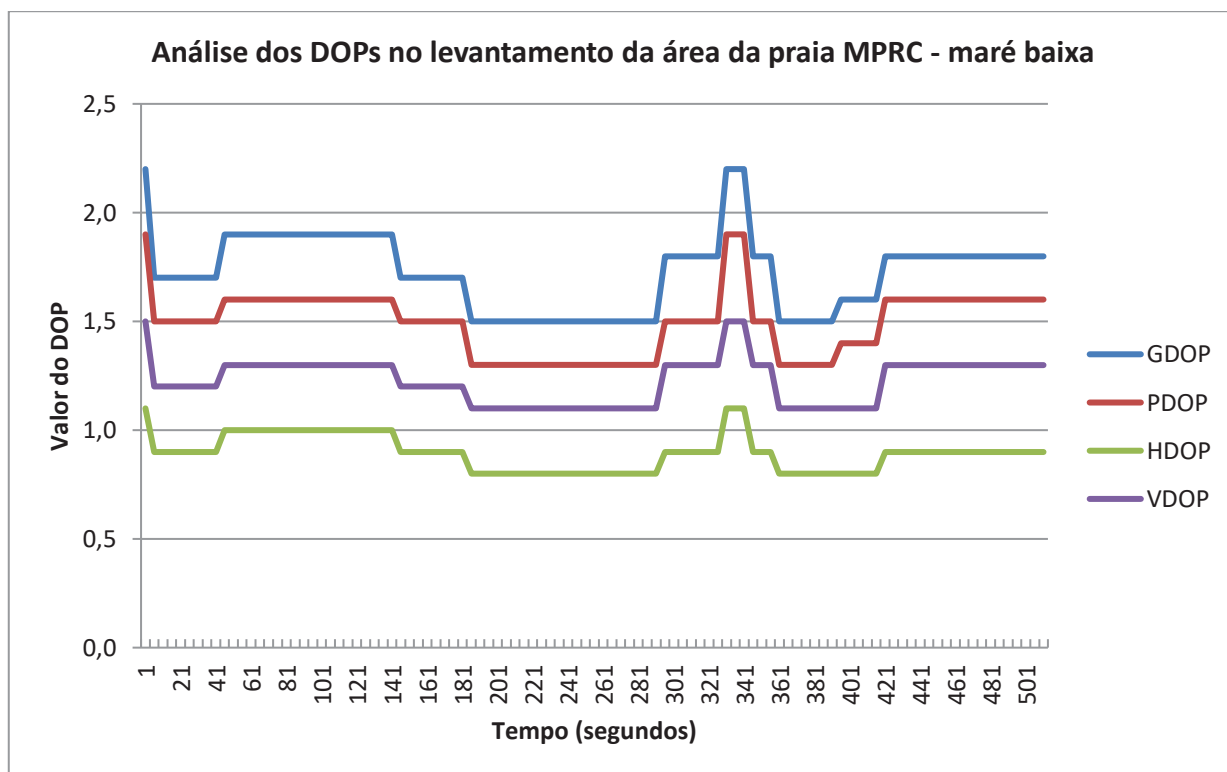


FIGURA 86 – Análise dos DOPs no levantamento da área da praia pelo MPRC durante a maré baixa.

FONTE: O autor (2015).

Sobre as precisões planimétricas, verificou-se uma variação dos valores calculados entre 0,0008 e 0,0055 m, com exceção ao pico apresentado aos 327 segundos de rastreo, com 0,0085 m (FIGURA 87), fato este que está correlacionado com a elevação do GDOP indicado na FIGURA 86.

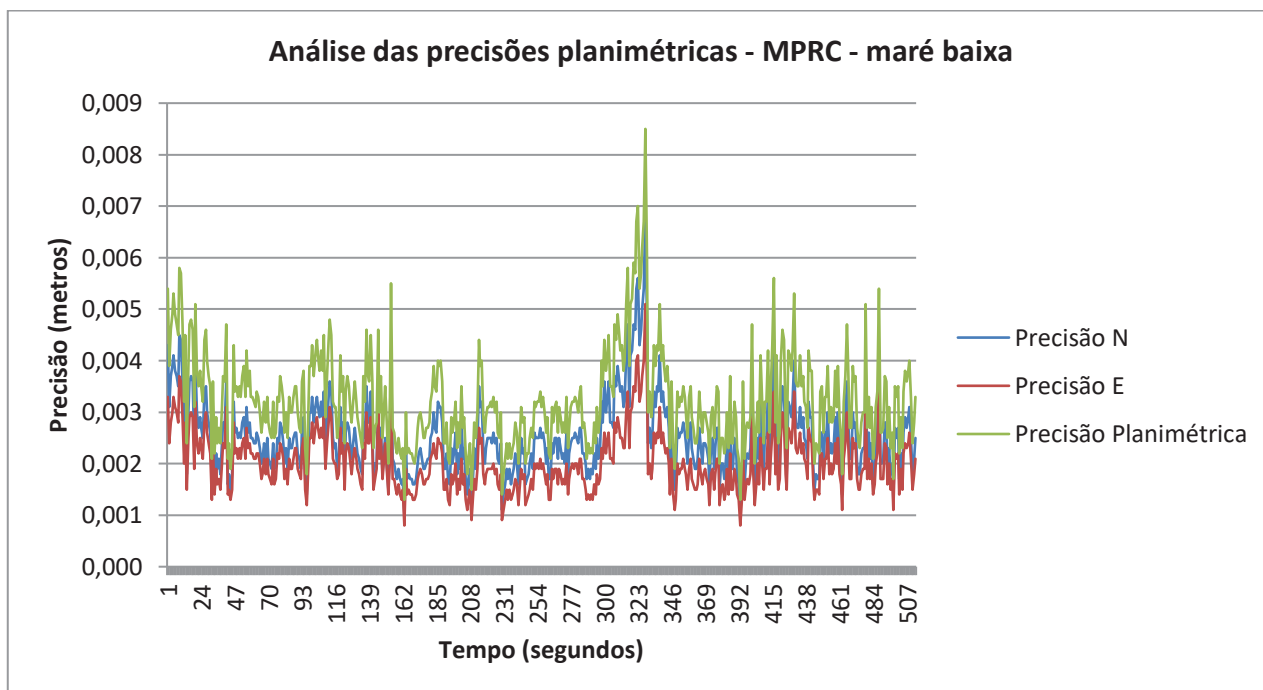


FIGURA 87 – Análise das precisões planimétricas no levantamento da área da praia pelo MPRC durante a maré baixa.

FONTE: O autor (2015).

Analisando as precisões altimétrica e tridimensional, verificou-se uma variação durante o levantamento de 0,0019 a 0,0113 m, alcançando um pico de 0,0151 metros aos 327 segundos de rastreo (FIGURA 88).

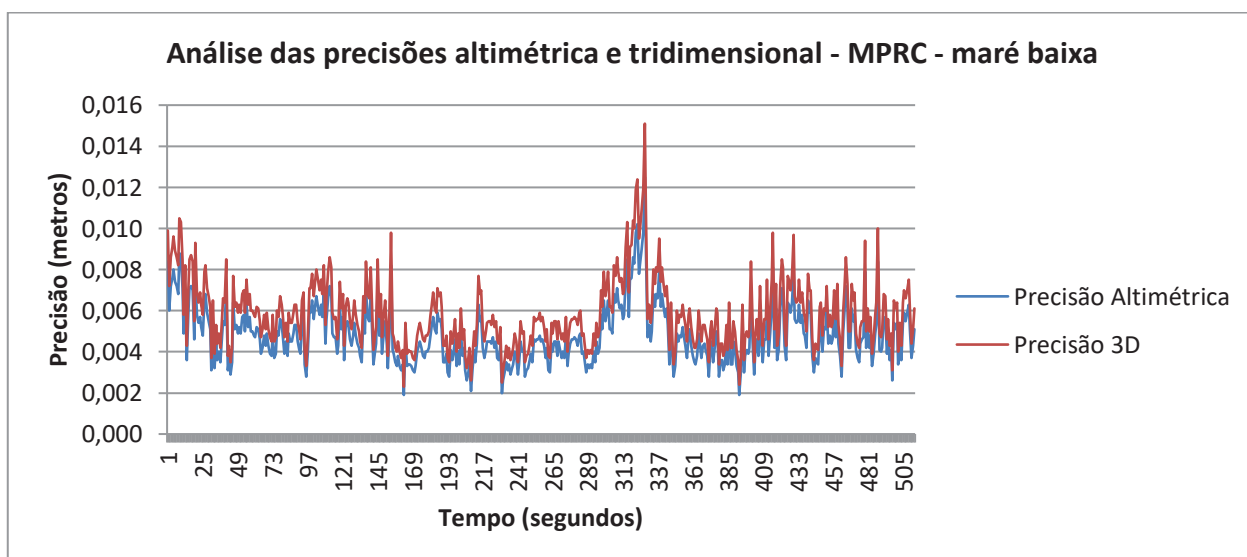


FIGURA 88 - Análise das precisões altimétrica e tridimensional no levantamento da área da praia pelo MPRC durante a maré baixa.

FONTE: O autor (2015).

A realização do trajeto do perfil transversal da praia com o MPRC durante a maré alta gerou uma linha com 204 vetores com todas as ambiguidades resolvidas. Teve o comprimento de 50,587 metros. Já o trajeto feito durante a maré baixa gerou uma linha com 257 vetores com todas as ambiguidades resolvidas, e com um comprimento de 97,374 metros.

No levantamento do perfil transversal da praia com o MPRC durante a maré alta, o GDOP médio apresentado foi igual a 1,9. Foram detectados valores máximos de 2,2 logo nos segundos 116 e 161 (FIGURA 89).

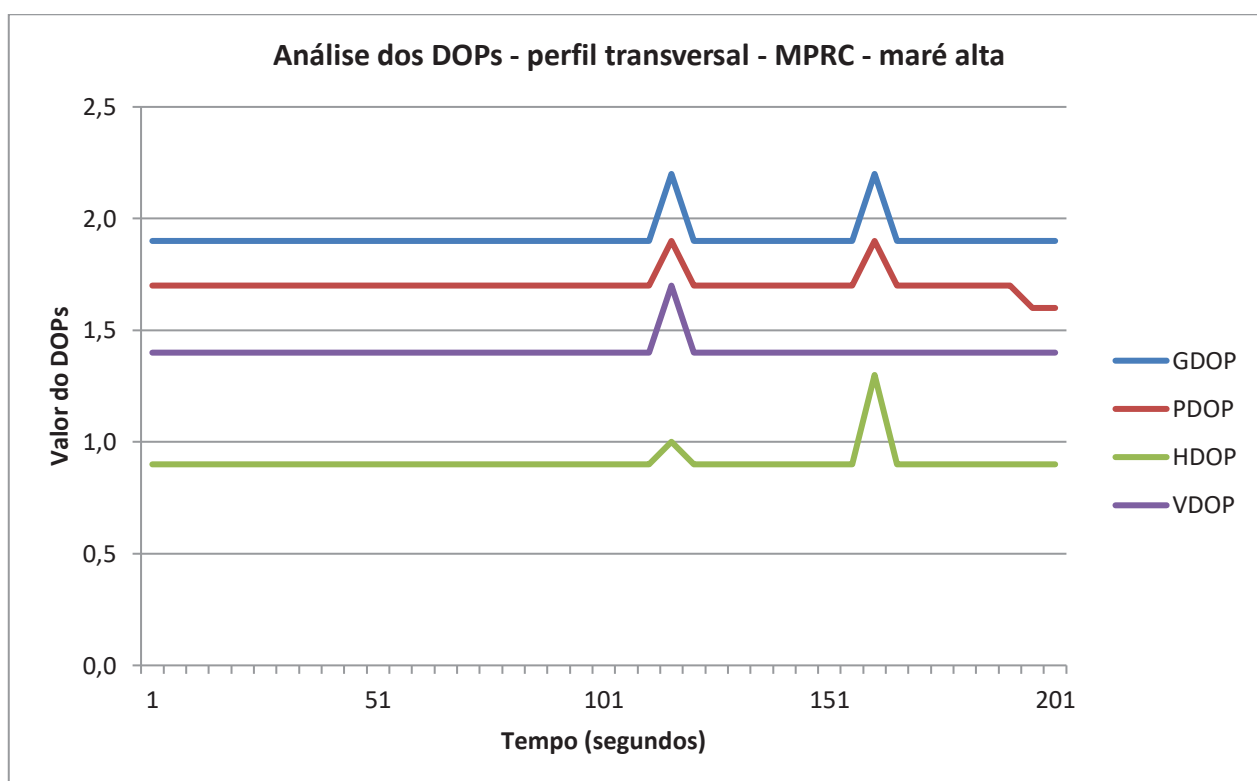


FIGURA 89 – Análise dos dops do perfil transversal do levantamento MPRC (maré alta).

FONTE: O autor (2015).

Analisando as precisões planimétricas, o levantamento apresentou valores entre 0,0008 e 0,0087 m durante praticamente todo o trajeto, com um pico de 0,0113 m próximo ao final do rastreo (FIGURA 90).

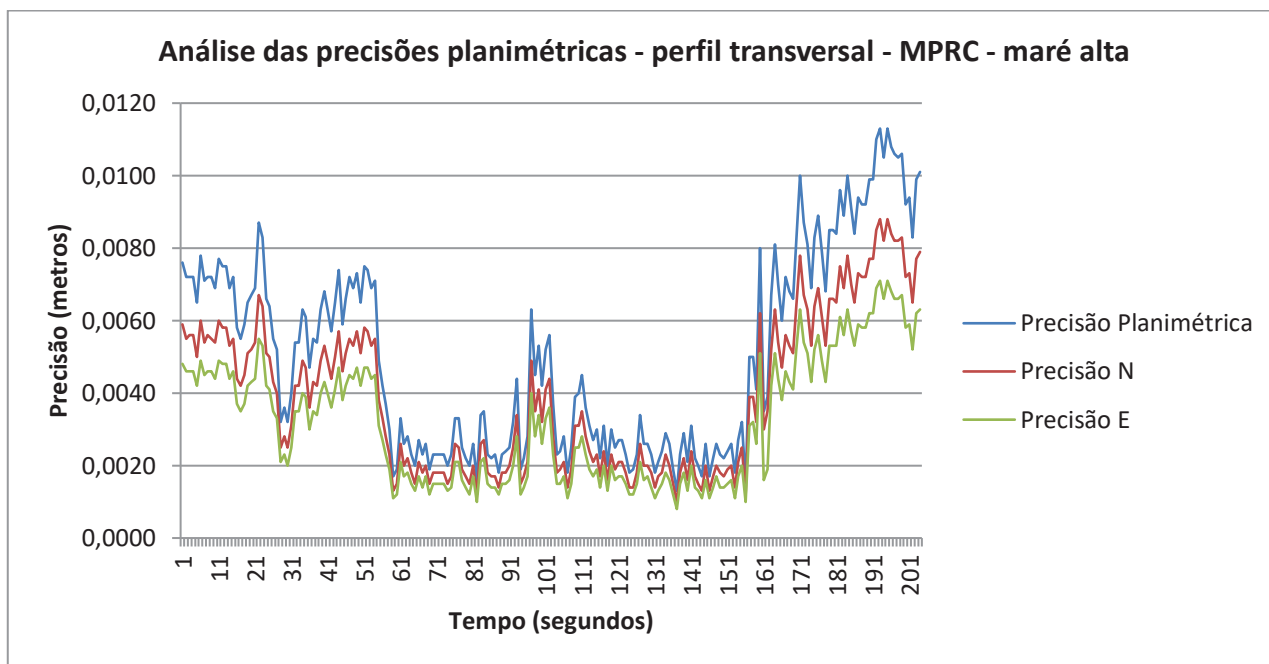


FIGURA 90 – Análise das precisões planimétricas do perfil transversal MPRC (maré alta).

FONTE: O autor (2015).

Os valores das precisões altimétrica e tridimensional variaram entre 0,0030 e 0,0206 m durante todo o rastreo, apresentando valores próximos a 0,0264 m no final do mesmo (FIGURA 91).

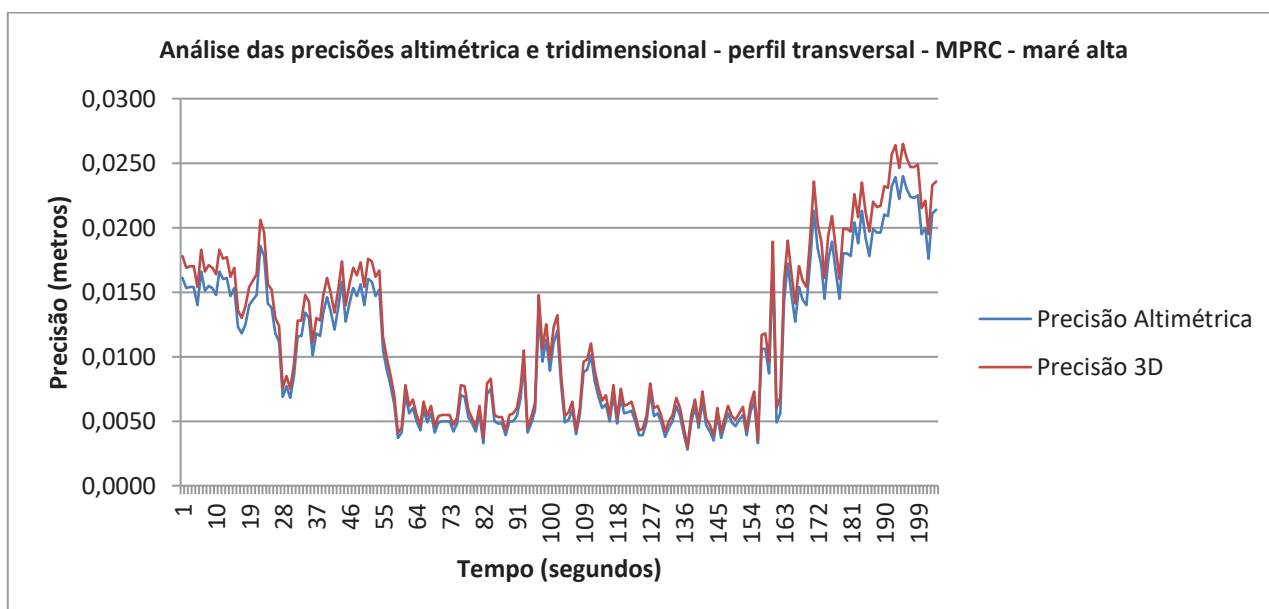


FIGURA 91 - Análise das precisões altimétrica e tridimensional do perfil transversal MPRC (maré alta).

FONTE: O autor (2015).

No levantamento do perfil transversal da praia com o MPRC durante a maré baixa, o GDOP médio apresentado foi igual a 2,5, com valores máximos de 3,5 próximos ao início e no fim do rastreio (FIGURA 92).

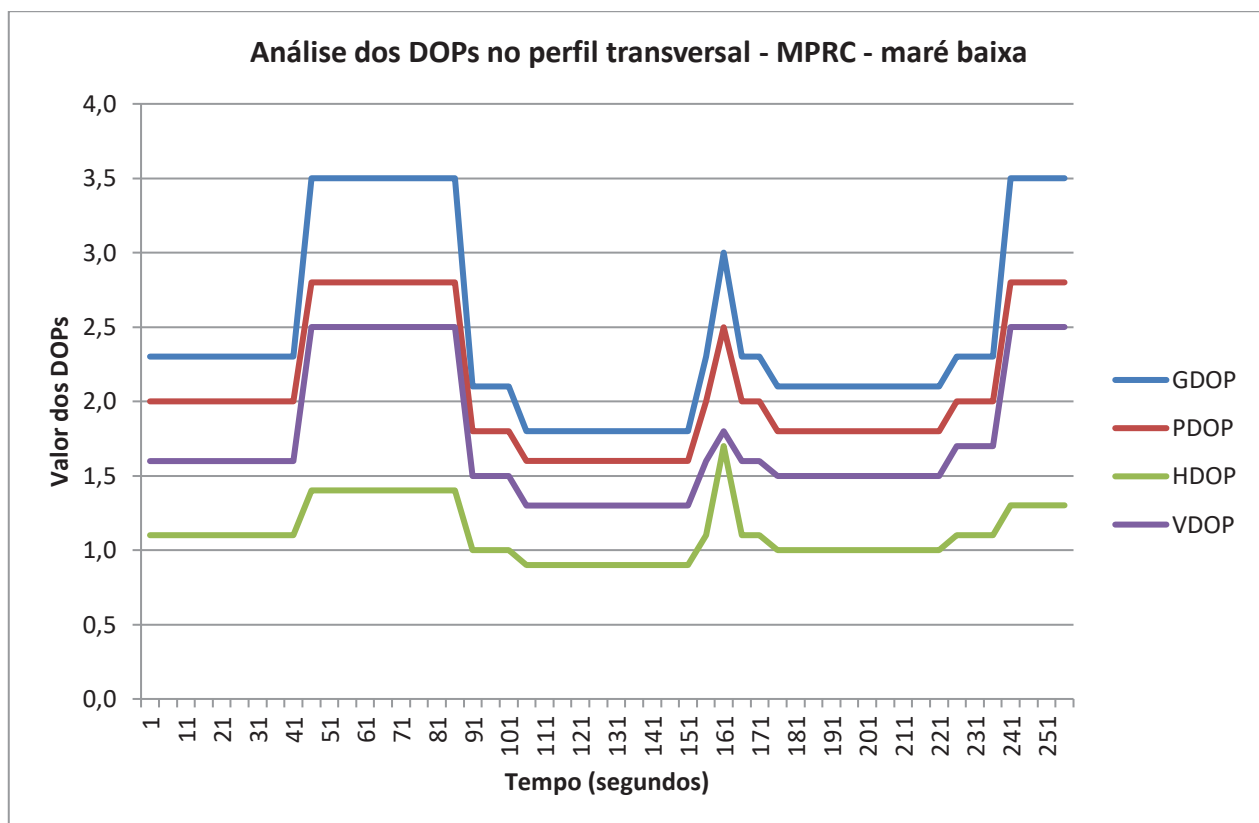


FIGURA 92 – Análise dos DOPs no perfil transversal do MPRC (maré baixa).

FONTE: O autor (2015).

Analisando as precisões planimétricas do levantamento verificou-se que durante praticamente todo o trajeto, as mesmas se mantiveram entre 0,0011 e 0,0047 m, apresentando um pico de 0,0087 m no segundo 163, e outro de 0,0107 m próximo ao final do levantamento (FIGURA 93).

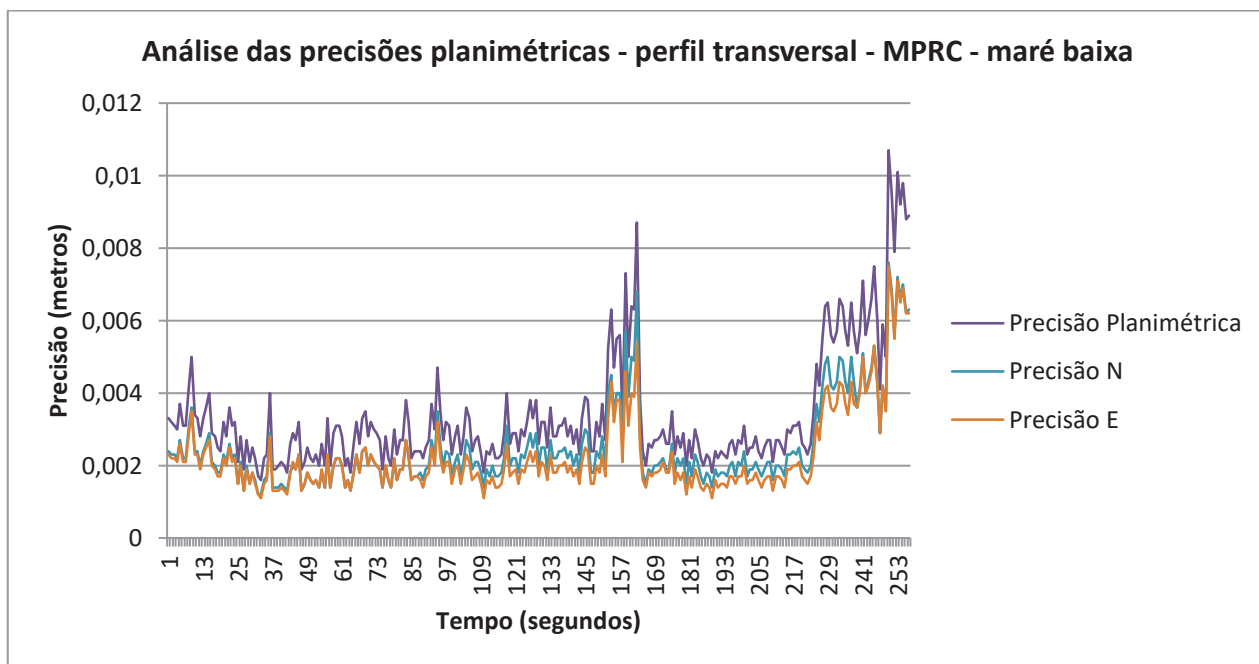


FIGURA 93 – Análise das precisões planimétricas do perfil transversal do MPRC (maré baixa).

FONTE: O autor (2015).

As precisões altimétrica e tridimensional oscilaram entre 0,0035 e 0,011 m, com picos de 0,0166 m no segundo 163, e de 0,0243 m no segundo 250 (FIGURA 94).

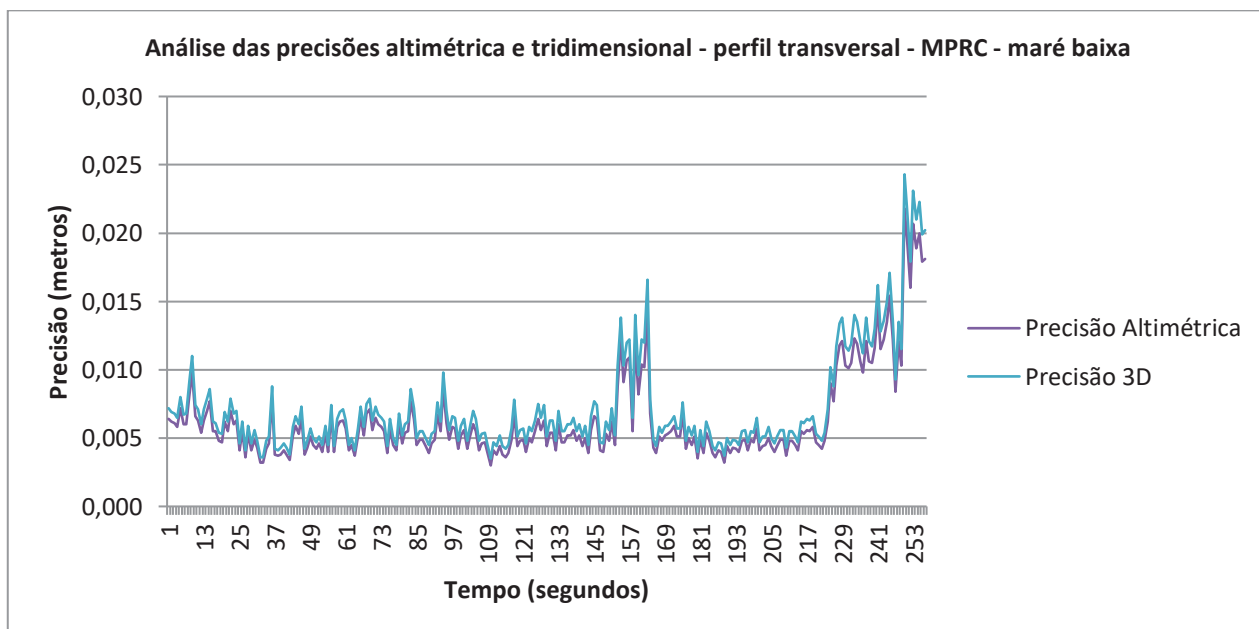


FIGURA 94 – Análise das precisões altimétrica e tridimensional do perfil transversal do MPRC (maré baixa).

FONTE: O autor (2015).

O trajeto realizado pelo perfil longitudinal da praia com o MPRC durante a maré alta gerou uma linha com 213 vetores com todas as ambiguidades resolvidas. Teve o comprimento de 75,240 metros. O trajeto feito durante a maré baixa gerou uma linha com 421 vetores com todas as ambiguidades resolvidas, e com um comprimento de 87,405 metros.

Na análise dos valores dos DOPs, verificou-se que o GDOP apresentou-se com valor constante igual a 2,0 durante todo o rastreo (FIGURA 95).

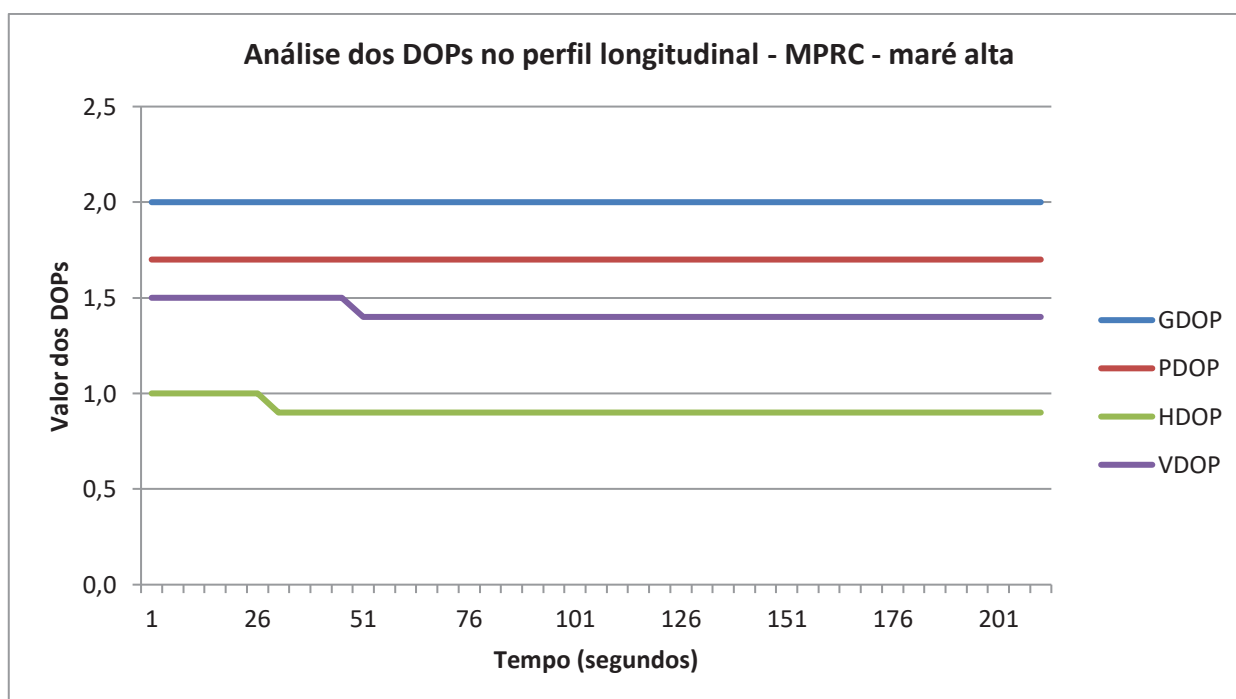


FIGURA 95 – Análise dos dops no perfil longitudinal do MPRC (maré alta).

FONTE: O autor (2015).

Sobre as precisões planimétrica, E e N, verificou-se uma variação dos valores entre 0,0008 e 0,0055 metros, com pico de 0,0085 m apresentado aos 327 segundos de rastreo (FIGURA 96).

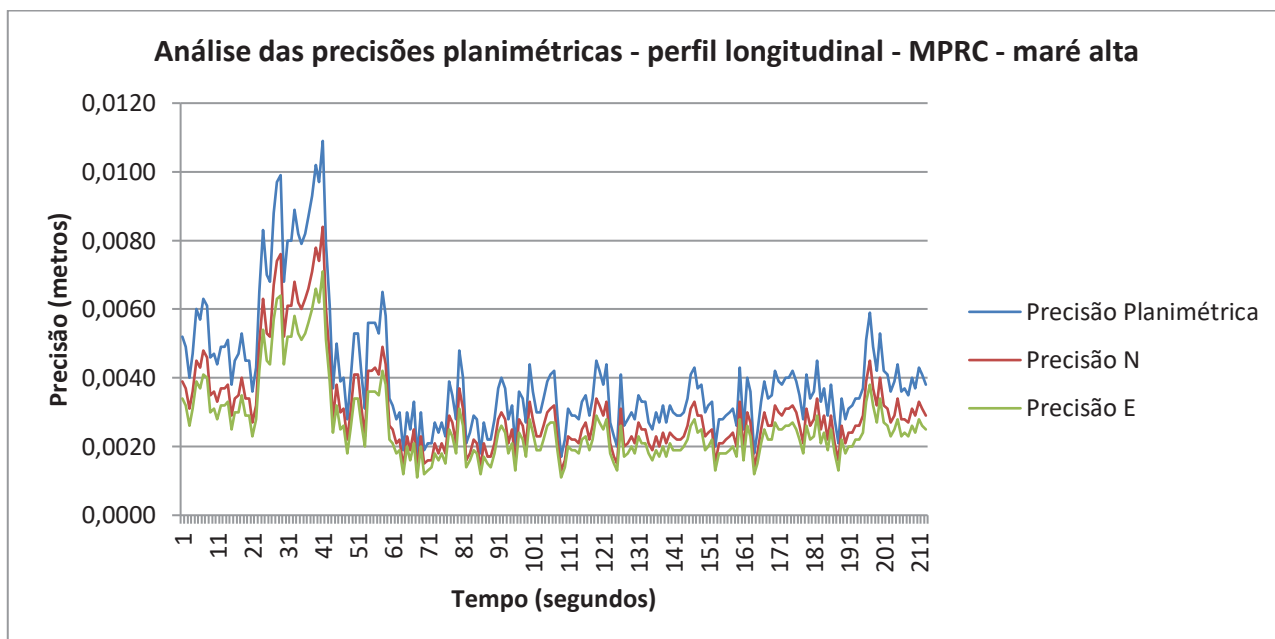


FIGURA 96 – Análise das precisões planimétricas do perfil longitudinal do MPRC (maré alta).

FONTE: O autor (2015).

As precisões altimétrica e tridimensional tiveram variações entre 0,0040 e 0,0156 m. O levantamento em questão apresentou um pico com valores próximos a 0,0273 m em torno do início do rastreo (FIGURA 97).

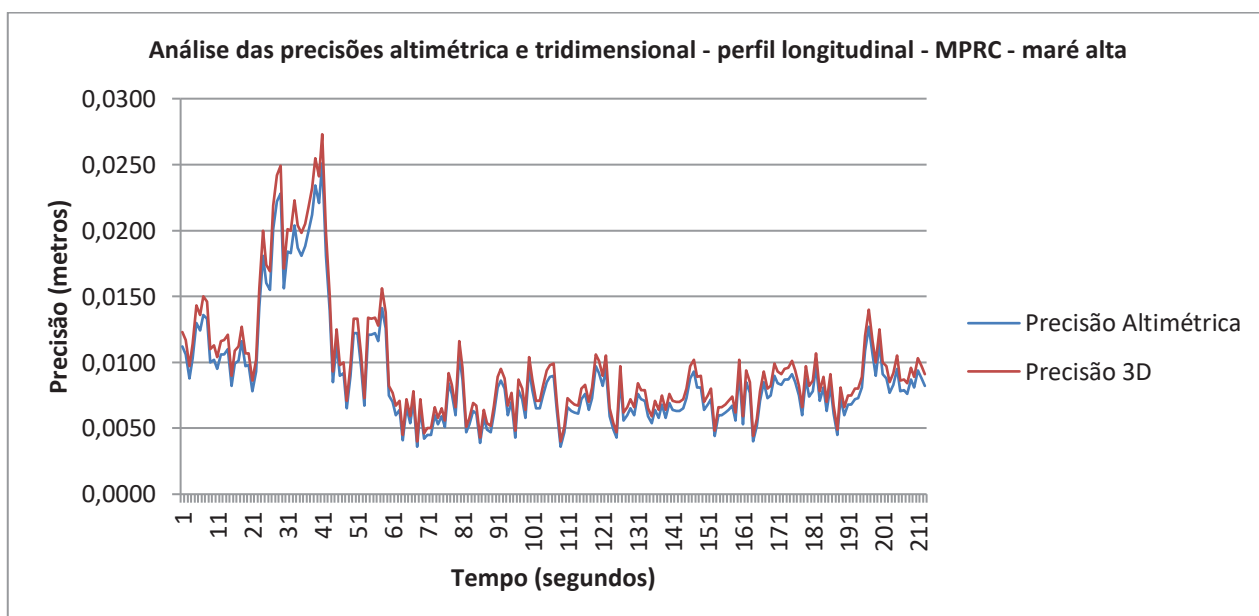


FIGURA 97 – Análise das precisões altimétrica e tridimensional do perfil longitudinal do MPRC (maré alta).

FONTE: O autor (2015).

Na análise da qualidade dos levantamentos padrão, verificou-se que o levantamento do perfil longitudinal MPRC durante a maré baixa apresentou GDOP médio igual a 2,1, variando por vezes o seu valor para 2,4 (FIGURA 98).

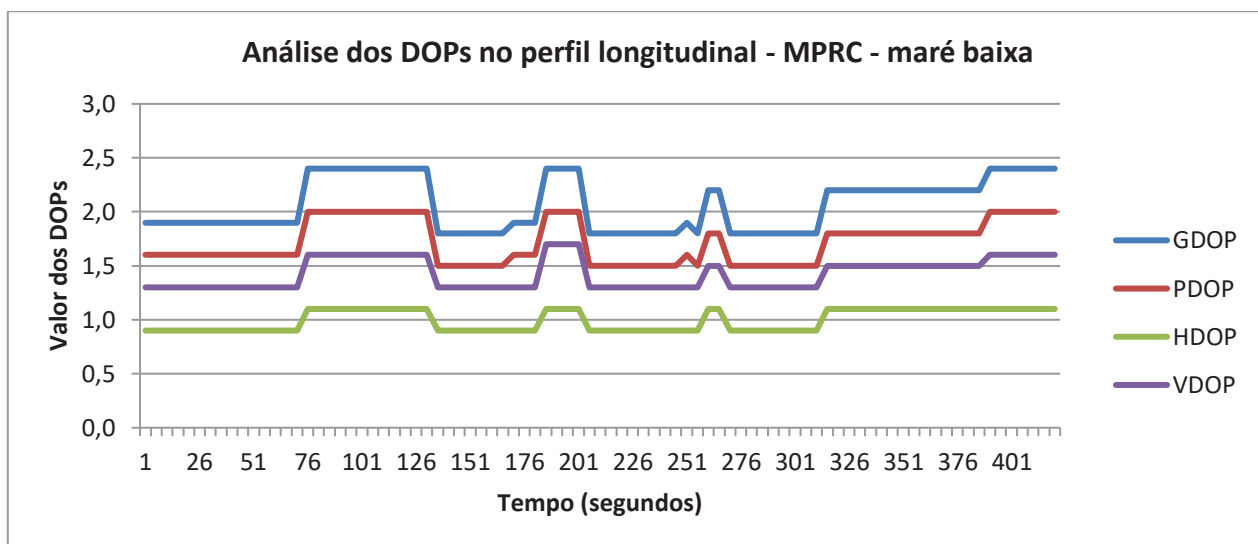


FIGURA 98 – Análise dos DOPs no perfil longitudinal do MPRC (maré baixa).

FONTE: O autor (2015).

As precisões planimétrica, E e N apresentaram picos de até 0,0065 m no início do rastreio, concentrando-se entre 0,0009 e 0,0050 m durante a execução do levantamento (FIGURA 99).

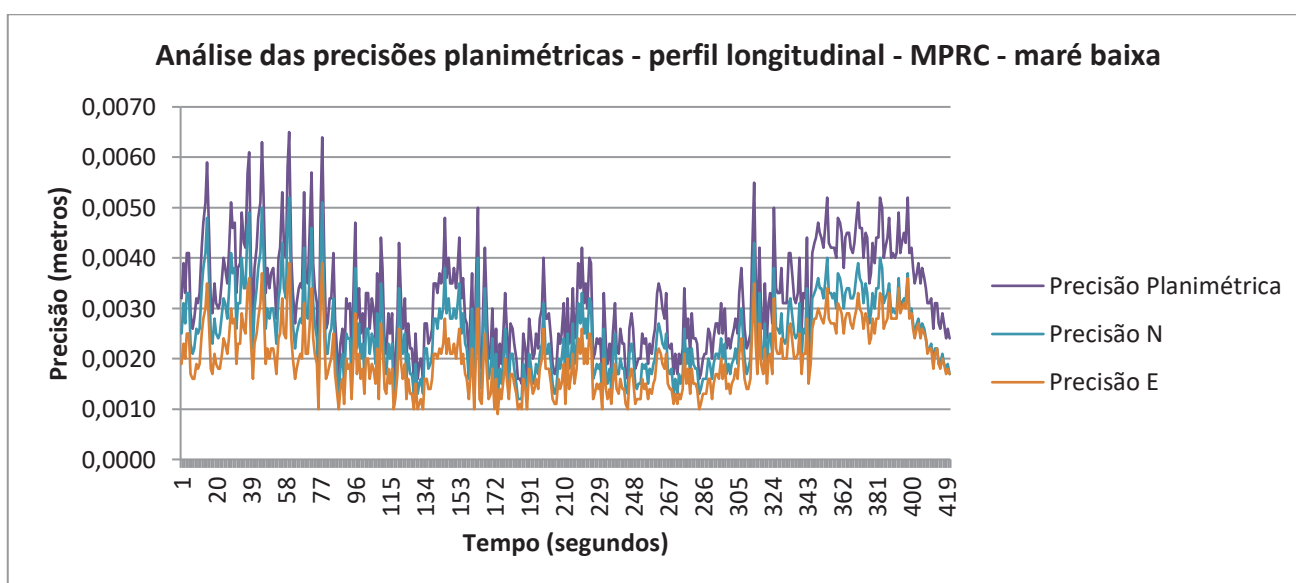


FIGURA 99 – Análise das precisões planimétrica, e e n do perfil longitudinal do MPRC (maré baixa).

FONTE: O autor (2015).

As precisões altimétricas e tridimensionais, durante o início do levantamento, tiveram picos de até 0,0124 m, e na maior parte da realização do mesmo esteve entre 0,0023 e 0,0107 m (FIGURA 100).

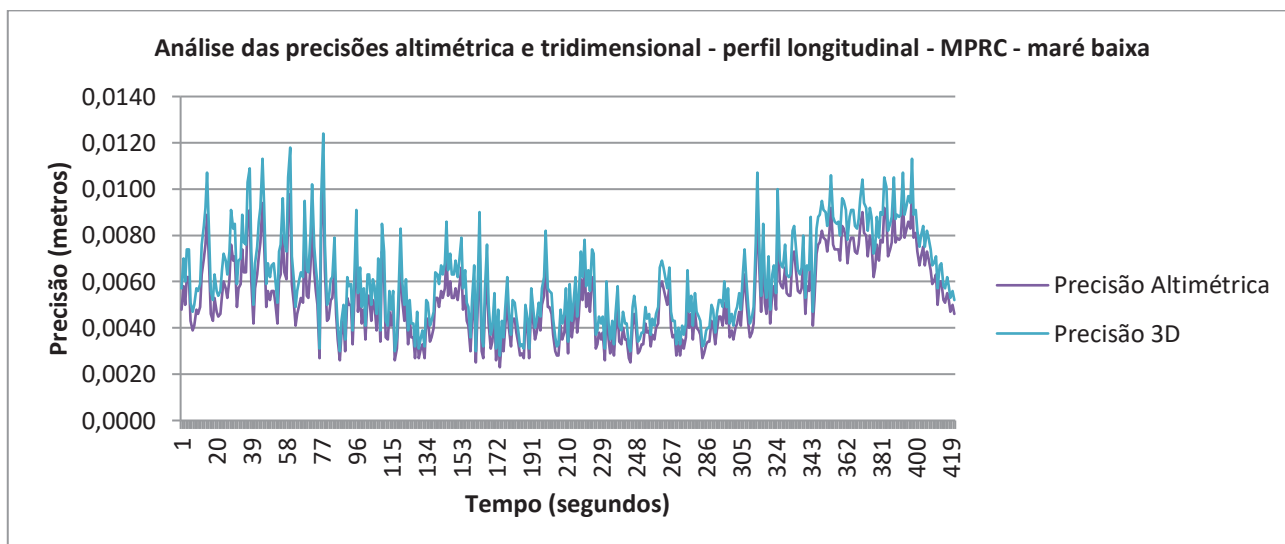


FIGURA 100- Análise das precisões altimétrica e tridimensional do perfil longitudinal do MPRC (maré baixa).

FONTE: O autor (2015).

Para a realização do tratamento e análise espacial dos dados do trajeto realizado ao redor da área da praia pelos equipamentos GPS, utilizou-se o *software* QGIS. Tal *software* ainda permitiu a visualização bidimensional dos levantamentos, e a identificação e a exclusão dos pontos que não eram de interesse ao experimento.

Procurou-se identificar dentro dos traçados as regiões de inicialização, os trajetos propriamente ditos, os pontos de parada devido ao trajeto ter sido percorrido em fila indiana por todos os equipamentos, e a região de dispersão de cada uma das linhas (FIGURA 101), a partir de onde se procurou realizar uma filtragem nos dados obtidos.

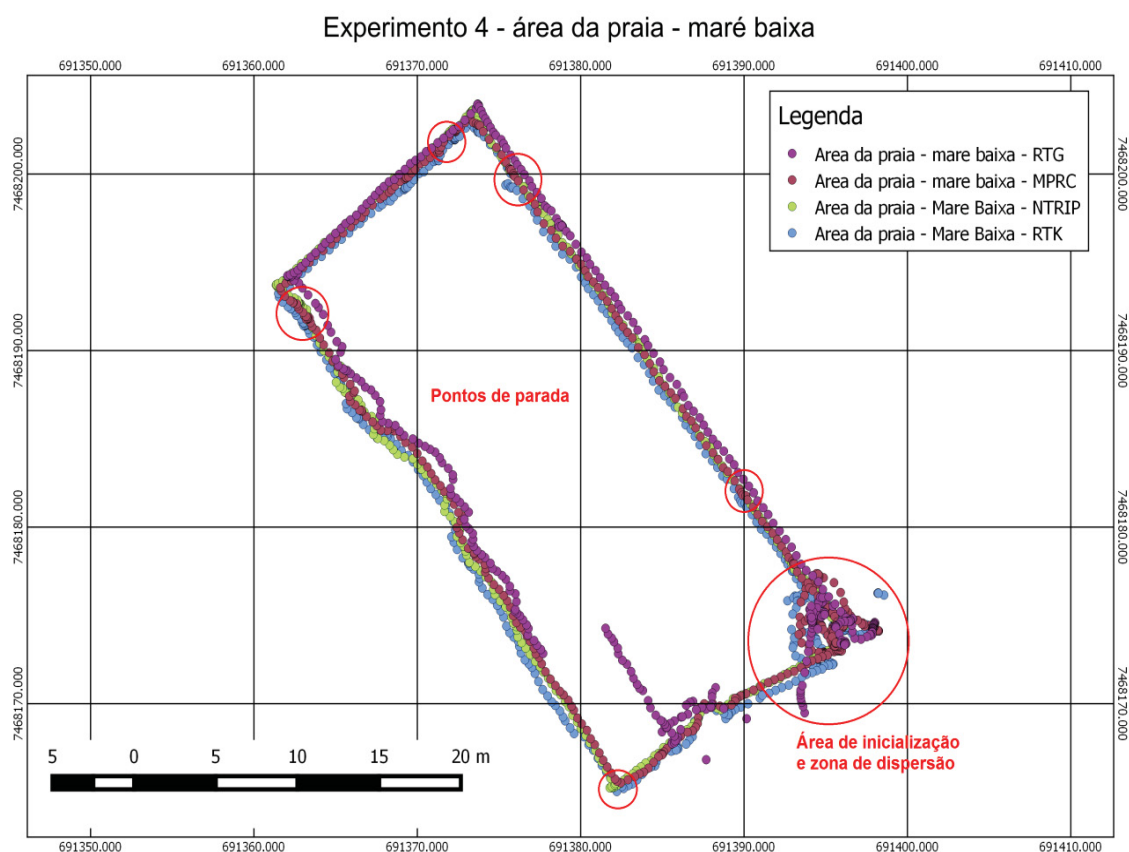


FIGURA 101 – Resultado do trajeto simultâneo realizado com o emprego dos equipamentos GPS no levantamento da área da Praia do Cais (maré baixa).

FONTE: O autor (2015).

Assim como foi feita a análise espacial inicial dos dados para os perímetros realizados durante o período de maré baixa, foi realizada a mesma análise para os trajetos realizados durante o período de maré alta, identificando-se os dados que deveriam ser filtrados antes do cálculo das áreas e dos perímetros (FIGURA 102).

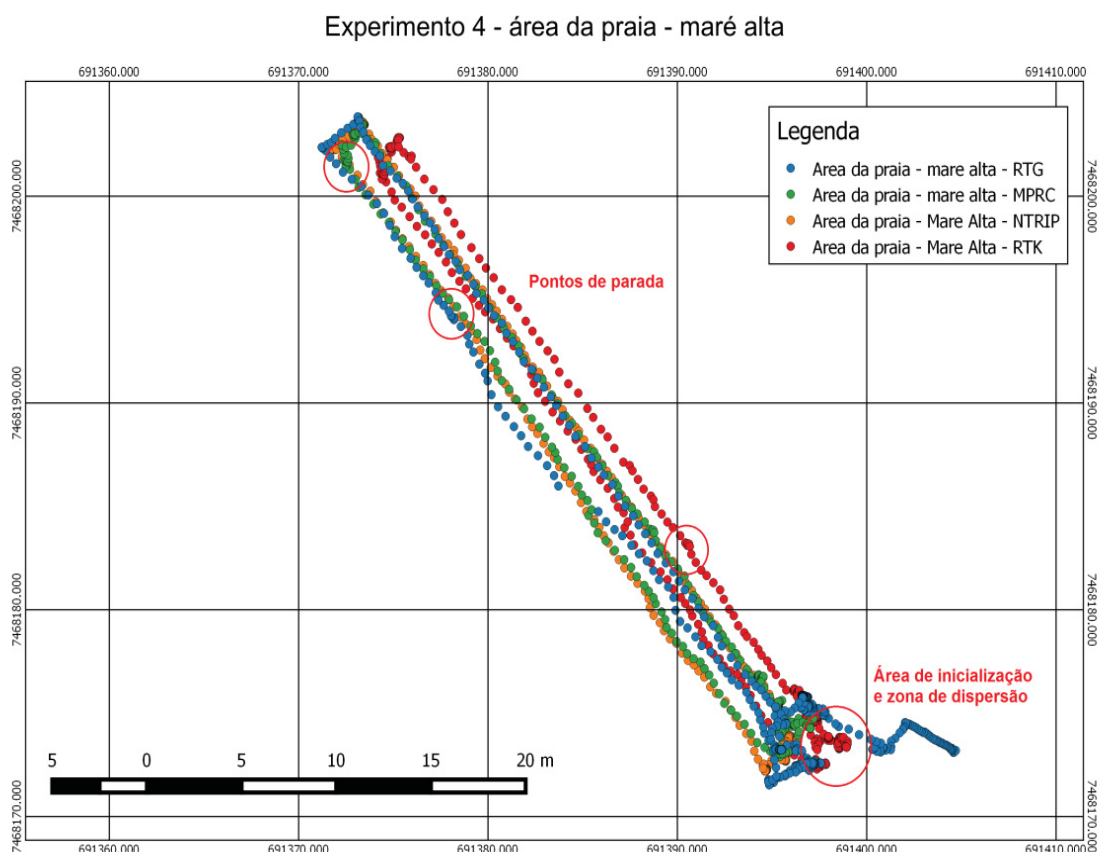


FIGURA 102 - Resultado do trajeto simultâneo realizado com o emprego dos equipamentos GPS no levantamento da área da Praia do Cais (maré alta).

FONTE: O autor (2015).

Em relação às áreas obtidas pelo MPRC (maré alta e baixa), método tomado como padrão, observou-se boa sobreposição entre as duas, incluindo boa coincidência entre as arestas superiores (arestas nordeste) e laterais (arestas noroeste e sudeste) (FIGURA 103). O traçado das arestas também não apresentou muitas distorções, aproximando-se do comportamento esperado previamente para os levantamentos.

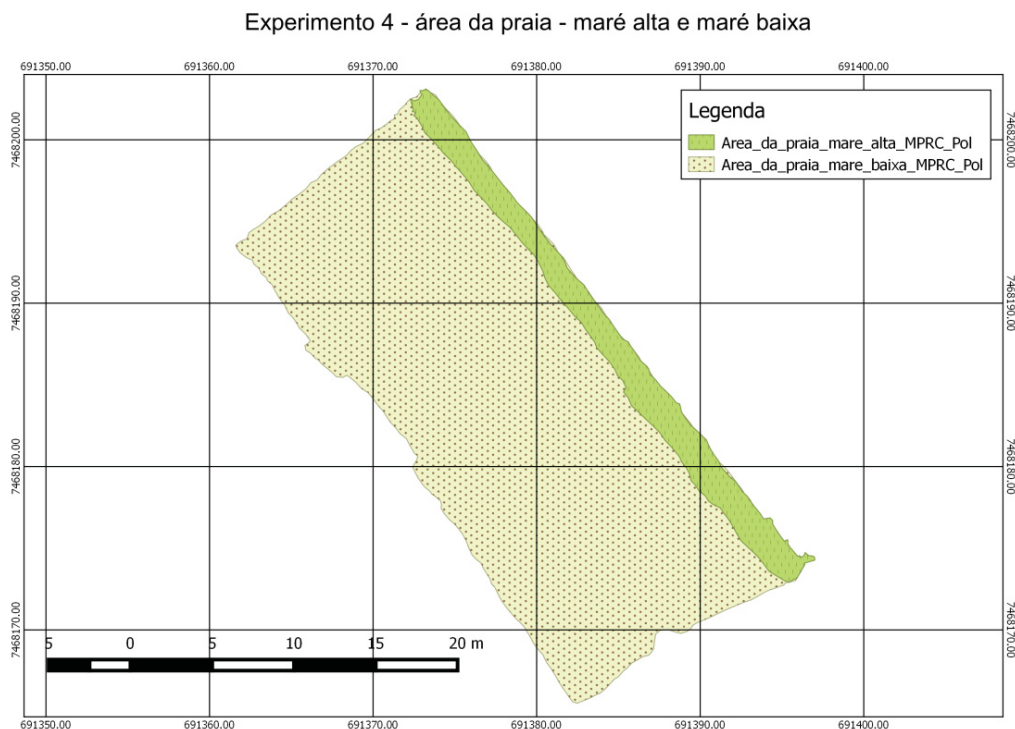


FIGURA 103 – Análise das áreas (maré alta e maré baixa) obtidas pelo levantamento MPRC.

FONTE: O autor (2015).

4.4.1 Análise de área de praia

As primeiras comparações realizadas foram feitas entre as áreas tomadas como padrão (MPRC) e as áreas que se desejava avaliar (método Diferencial GPS) separadamente dentro das ocupações realizadas (maré alta e maré baixa). Posteriormente, foi efetuado o cálculo da diferença entre as áreas da maré alta e as áreas de maré baixa, obtidas por todos os métodos de posicionamento utilizados, e tomando-se o MPRC novamente por padrão. Esta última análise, tem com objetivo comparar estas diferenças, indicando as variações da progradação e da retrogradação da área de praia.

Com exceção dos trajetos do contorno da área de praia, as demais regiões identificadas no levantamento foram excluídas, já que não eram de interesse para a realização do experimento (FIGURA 104).

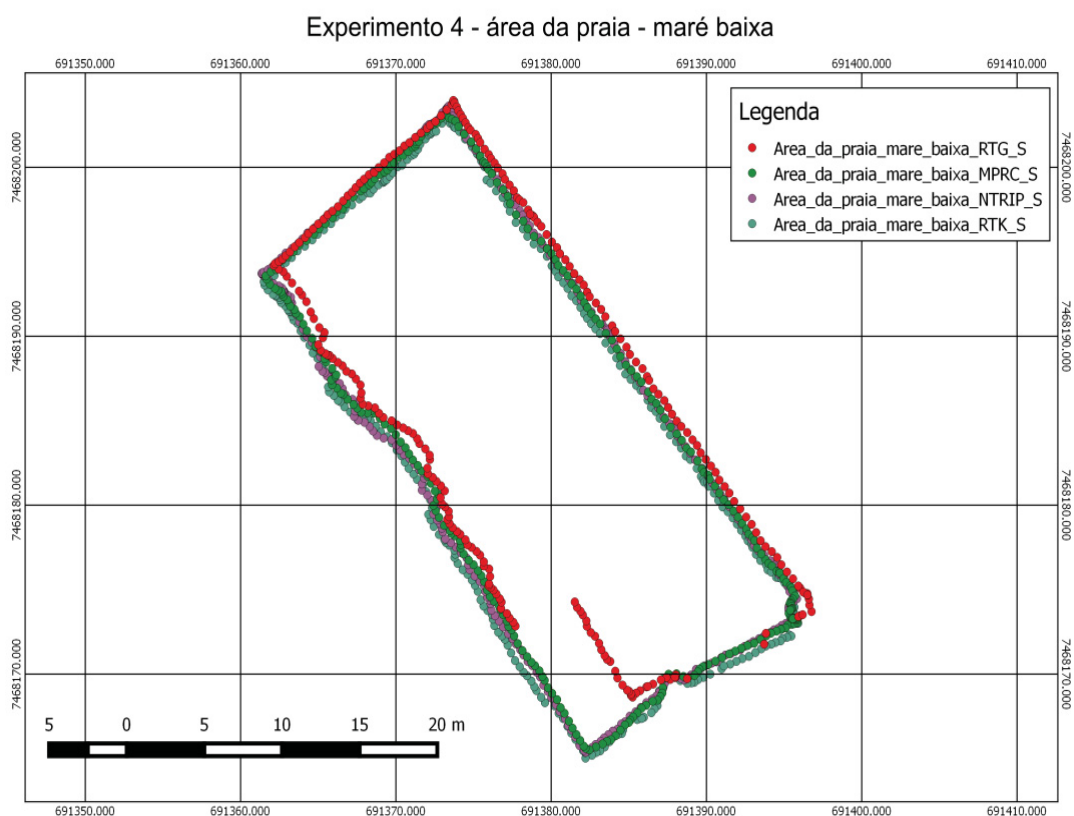


FIGURA 104 – Apresentação gráfica dos dados do levantamento da área da Praia do Cais (maré baixa) após a realização da filtragem.

FONTE: O autor (2015).

Em análise visual dos trajetos do contorno da praia durante a maré alta com os dados já filtrados, percebeu-se que o mesmo realizado com o equipamento Diferencial GPS RTK apresentou maior discrepância que os demais trajetos (aproximadamente 02 metros de erro, tanto no sentido longitudinal como no sentido transversal) em relação ao do MPRC, e que os outros 03 equipamentos apresentaram grande coincidência entre si e o trajeto padrão, apontando para a existência de maior acuracidade dos dados. Dentre os 03 trajetos com maior conformidade, o equipamento Diferencial GPS NTRIP é o que visualmente aparentou ser o mais acurado (FIGURA 105).

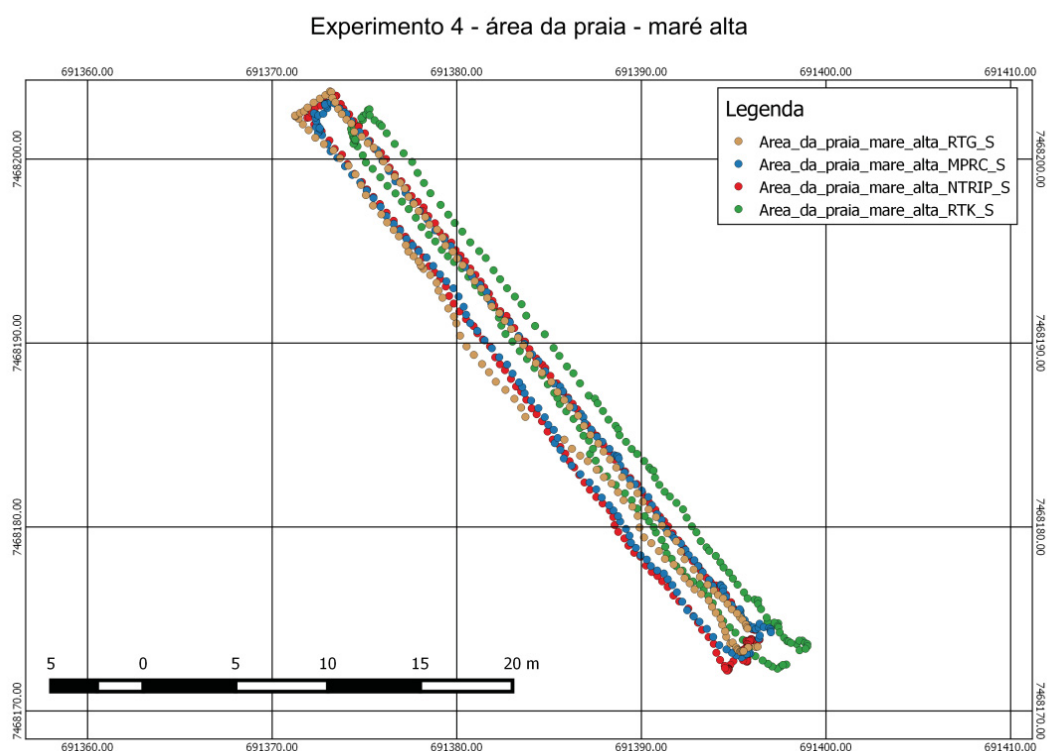


FIGURA 105 - Apresentação gráfica dos dados do levantamento da área da Praia do Cais (maré alta) após a realização da filtragem.

FONTE: O autor (2015).

Em análise dos parâmetros definidores da qualidade do levantamento, verificou-se que o levantamento RTK apresentou apenas soluções código. A precisão do levantamento do perímetro da maré baixa apresentou variação de 2,3 a 2,6 metros, o HDOP oscilou entre 0,7 e 0,9, e o número médio de satélites foi de 13. Comparando a variação do HDOP juntamente com a precisão planimétrica, constatou-se uma variação direta entre ambas as variáveis (piora no HDOP acarretando piora na precisão), assim como uma variação inversa em relação ao número de satélites (diminuição do número de satélites da constelação, piora da precisão e do HDOP).

O equipamento RTG apresentou o número de satélites variando entre 10 e 14, e o HDOP entre 0,8 e 1. Todas as soluções foram obtidas através do Diferencial GPS SPS. Sua precisão planimétrica foi a melhor (ordem de quanto) dentre os equipamentos testados (tanto a mínima, quanto à média e a máxima).

O equipamento NTRIP apresentou 54% de soluções fase e 46% de soluções código. Com a solução passando de código para fase, a precisão do levantamento melhora de 0,5982 para 0,0288 metros (colar HDOP e n de satélites).

Após a realização da filtragem dos dados dos trajetos, tanto os da maré alta como os da maré baixa, foram construídos *shapefiles* referentes às áreas formadas por esses trajetos (polígonos), no intuito de se comparar o posicionamento espacial destas áreas, e se obter outros dados estatísticos.

Na análise espacial das áreas obtidas pelo RTG (FIGURA 106), verificou-se a existência de um deslocamento de 0,8 metros entre a linha superior do levantamento realizado durante a maré alta e a linha superior do levantamento realizado durante a maré baixa (o comportamento esperado era a coincidência entre as duas linhas). A linha inferior do levantamento da maré baixa apresentou-se bastante recortada, e faltando aproximadamente 8,5 metros para o fim da mesma, houve um deslocamento desta em torno de 4,0 metros no sentido nordeste. A linha lateral noroeste da maré alta apresentou um deslocamento cerca de 0,5 metros da linha lateral nordeste da maré baixa, enquanto que a linha inferior do levantamento da maré alta à aproximadamente 17 metros do término de seu percurso, sofreu um deslocamento médio de 1,5 metros no sentido nordeste.

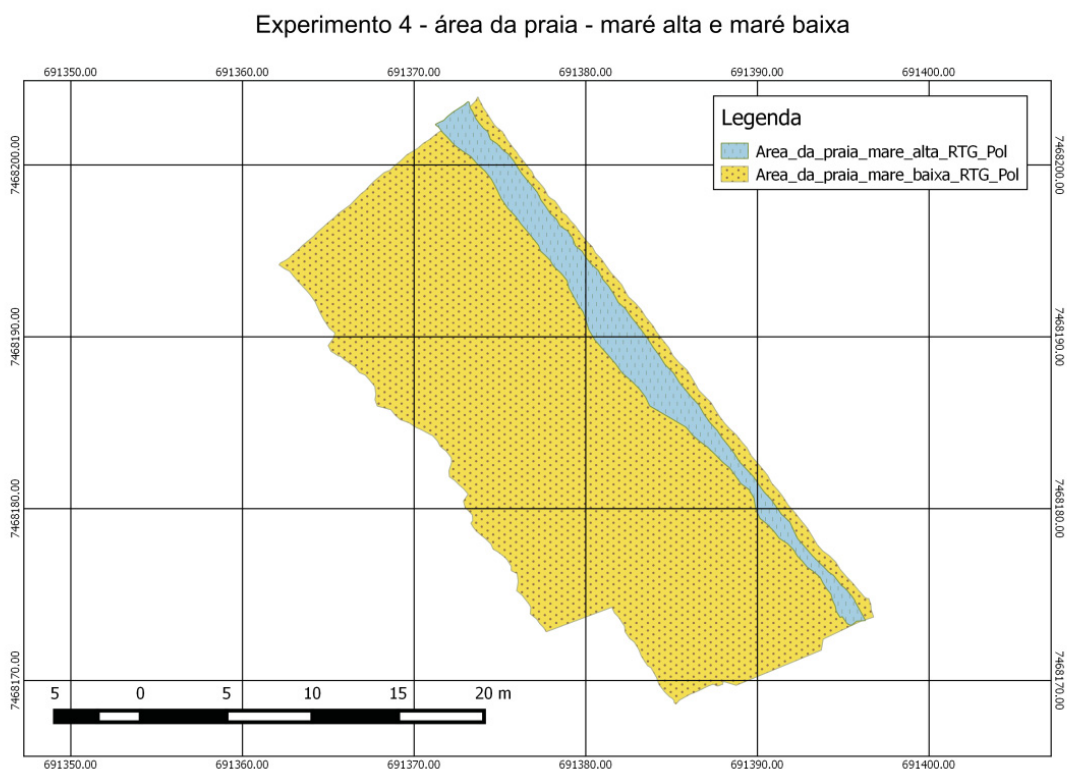


FIGURA 106 - Análise das áreas (maré alta e maré baixa) obtidas pelo equipamento RTG.

FONTE: O autor (2015).

Nos levantamentos realizados pelo NTRIP, pôde-se observar uma boa sobreposição entre as duas áreas, com boa coincidência entre as linhas laterais (arestas noroeste e sudeste) e as linhas superiores (arestas nordeste e sudoeste). O traçado das arestas não apresentou muitas distorções, apresentando comportamento semelhante ao do MPRC (FIGURA 107).

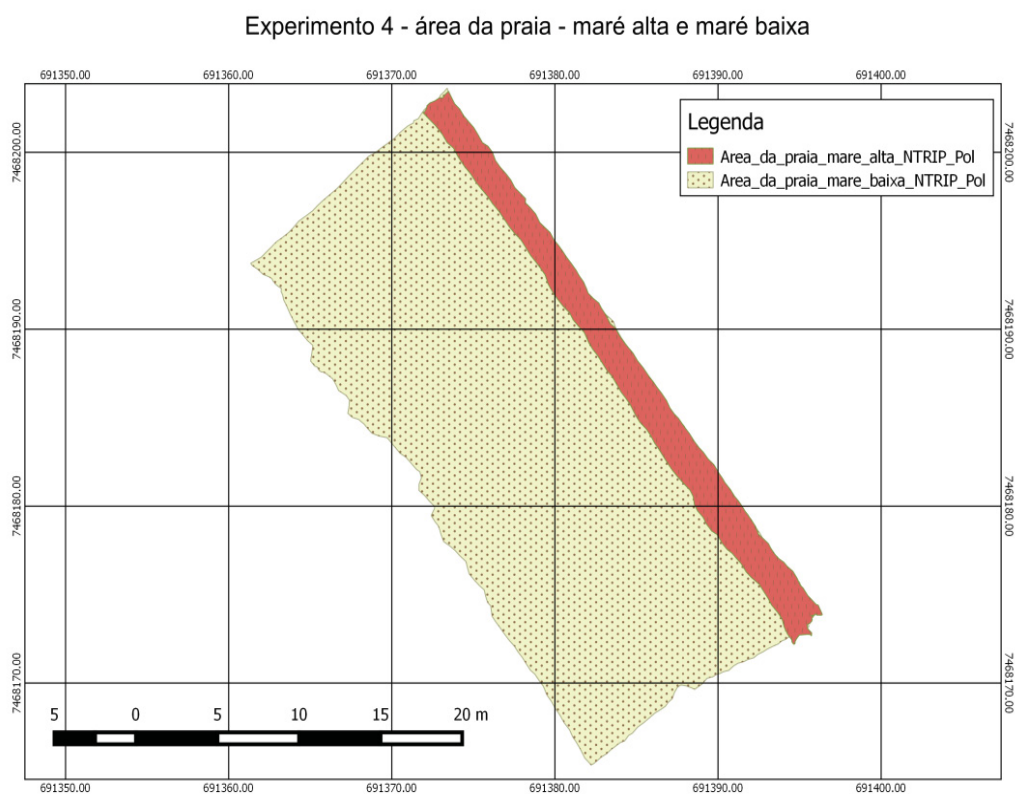


FIGURA 107 - Análise das áreas (maré alta e maré baixa) obtidas pelo equipamento NTRIP.

FONTE: O autor (2015).

Na análise espacial das áreas obtidas pelo RTK, verificou-se deslocamentos médios de 1,5 metros da área referente ao levantamento da maré alta em relação ao levantamento da maré baixa tanto no sentido sudeste como no sentido nordeste. Praticamente não se verifica superposição entre as duas áreas. Quanto aos traçados das arestas, não foram verificadas muitas distorções (FIGURA 108).

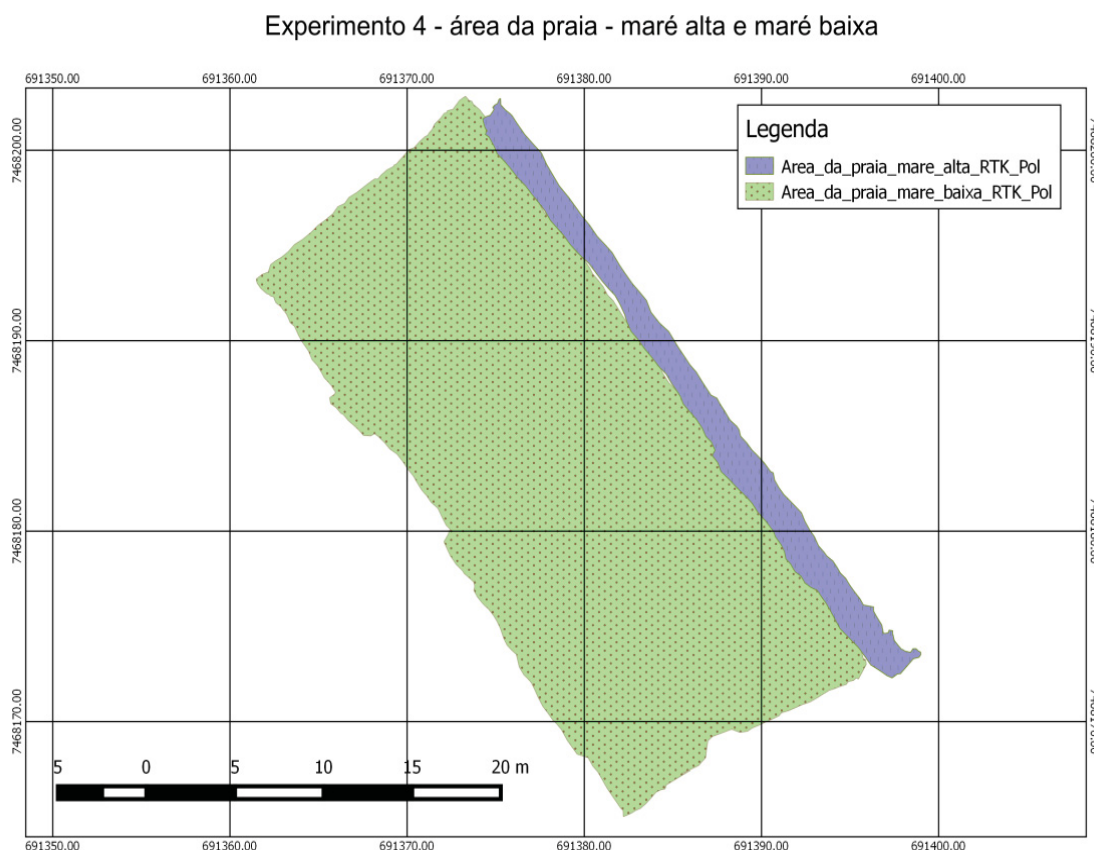


FIGURA 108 - Análise das áreas (maré alta e maré baixa) obtidas pelo equipamento RTK.

FONTE: O autor (2015).

Em análise dos resultados referente aos levantamentos da área de praia durante a maré baixa, verificou-se que a área do NTRIP foi maior 10,2749 metros em relação à área acurada, e que a área do RTG foi 27,2768 metros menor que essa. No primeiro caso, a área padrão é acrescida de 1,88%, e no segundo caso, essa área é decrescida de 4,99%. Quanto ao perímetro, em relação ao perímetro padrão, o RTK apresentou acréscimo de 1,2825 metros, e o RTG apresentou um decréscimo 0,4578 metro (TABELA 151).

TABELA 151 – Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré baixa.

Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré baixa						
	Área (m ²)	Perímetro (m)	Erro área (m ²)	Erro área %	Erro perímetro (m)	Erro perímetro %
MPRC maré baixa	546,7993	107,6658				
NTRIP maré baixa	557,0742	108,1634	10,2749	1,88%	0,4976	0,46%
RTK maré baixa	555,9023	108,9483	9,1030	1,66%	1,2825	1,19%
RTG maré baixa	519,5225	107,2080	-27,2768	-4,99%	-0,4578	-0,43%

FONTE: O autor (2015).

Visando as análises de acurácia da área e do perímetro dos posicionamentos diferenciais, partiu-se do pressuposto que os valores do MPRC são 100% acurados. Observando na TABELA 152, verificou-se que o NTRIP foi o levantamento mais acurado quanto à área e ao perímetro dentre os levantamentos durante a maré baixa.

TABELA 152 - Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré baixa (acurácia).

Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré baixa					
	Precisão (m)	Acurácia área (m ²)	Acurácia área %	Acurácia perímetro (m)	Acurácia perímetro %
NTRIP maré baixa	0,0268	10,3017	98,12%	0,5244	99,90%
RTK maré baixa	2,2856	11,3886	97,92%	3,5681	99,35%
RTG maré baixa	1,1631	-26,1137	95,22%	0,7053	99,87%

FONTE: O autor (2015).

A análise referente aos levantamentos da área da praia durante a maré alta mostrou que o rastreo realizado com o equipamento NTRIP teve área 6,8828 metros maior que com o MPRC, e que o rastreo RTG teve área 6,0645 metros menor que esse. Já o perímetro do NTRIP foi 0,4099 metros maior que o do MPRC, e que perímetro do equipamento RTG foi 0,9959 metros que esse (TABELA 153).

TABELA 153 - Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré alta.

Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré alta						
	Área (m ²)	Perímetro (m)	Erro área (m ²)	Erro área %	Erro perímetro (m)	Erro perímetro %
MPRC maré alta	64,1641	81,5647				
NTRIP maré alta	71,0469	81,9746	6,8828	10,73%	0,4099	0,50%
RTK maré alta	61,7935	81,2934	-2,3706	-3,70%	-0,2713	-0,33%
RTG maré alta	58,0996	80,5688	-6,0645	-9,45%	-0,9959	-1,22%

FONTE: O autor (2015).

Analisando a acurácia dos levantamentos executados, verificou-se que o RTK foi o mais acurado em área com 99,99%. Em relação ao perímetro, o mais acurado foi o RTG com 99,49% (TABELA 154).

TABELA 154 – Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré alta (acurácia).

Análise referente aos levantamentos das áreas durante a maré alta					
	Precisão (m)	Acurácia área (m²)	Acurácia área %	Acurácia perímetro (m)	Acurácia perímetro %
NTRIP maré alta	0,2935	7,1763	88,82%	0,7034	99,14%
RTK maré alta	2,3657	-0,0049	99,99%	2,0944	97,43%
RTG maré alta	0,5790	-5,4855	91,45%	-0,4169	99,49%

FONTE: O autor (2015).

Calculando-se a diferença entre as áreas padrão da maré alta e da maré baixa, obteve-se uma retrogradação de 482,6352 m², e um perímetro igual a 26,10 m, sendo estes valores adotados como padrão. Percebe-se na TABELA 155, que o NTRIP tem os menores erros em área e perímetro dentre os métodos avaliados.

TABELA 155 – Análise de erro referente à diferença de área e perímetro de retrogradação da área de praia.

Análise de erro referente à diferença de área e perímetro de retrogradação da área de praia						
	Área (m²)	Perímetro (m)	Erro área (m²)	Erro área %	Erro perímetro (m)	Erro perímetro %
MPRC	482,6352	26,10				
NTRIP	486,0273	26,19	3,3921	0,70%	0,0877	0,34%
RTK	494,1088	27,65	11,4736	2,38%	1,5538	6,00%
RTG	461,4229	26,64	-21,2123	-4,40%	0,5381	2,06%

FONTE: O autor (2015).

O RTG apresentou a acurácia quando da análise da progradação e da retrogradação das marés de -20,3412 metros, enquanto que em relação à acurácia do perímetro, o RTK teve seu valor em 3,8794 metros (TABELA 156).

TABELA 156 - Análise de acurácia referente à diferença de área e perímetro de retrogradação da área de praia.

Análise de acurácia referente à diferença de área e perímetro de regradação da área de praia					
	Precisão (m²)	Acurácia área (m²)	Acurácia área %	Acurácia perímetro (m)	Acurácia perímetro %
NTRIP	0,1601	3,5522	99,26%	0,2478	99,05%
RTK	2,3256	13,7992	97,16%	3,8794	85,19%
RTG	0,8711	-20,3412	95,88%	1,4092	94,90%

FONTE: O autor (2015).

4.4.2 Análise de perfis longitudinal e transversal da praia a partir do MDT

Na análise espacial dos levantamentos das seções transversais e longitudinais realizadas durante a maré baixa, observou-se que houve uma boa sobreposição entre os levantamentos, sendo que o equipamento RTG visualmente aparentou ser o mais acurado entre os demais avaliados. O equipamento NTRIP apresentou um deslocamento médio de 1,6 metros do MPRC no início da seção transversal, e o equipamento RTK apresentou alguns deslocamentos ao longo da seção longitudinal, chegando os mesmos a valores próximos a 1,8 metros (FIGURA 109).

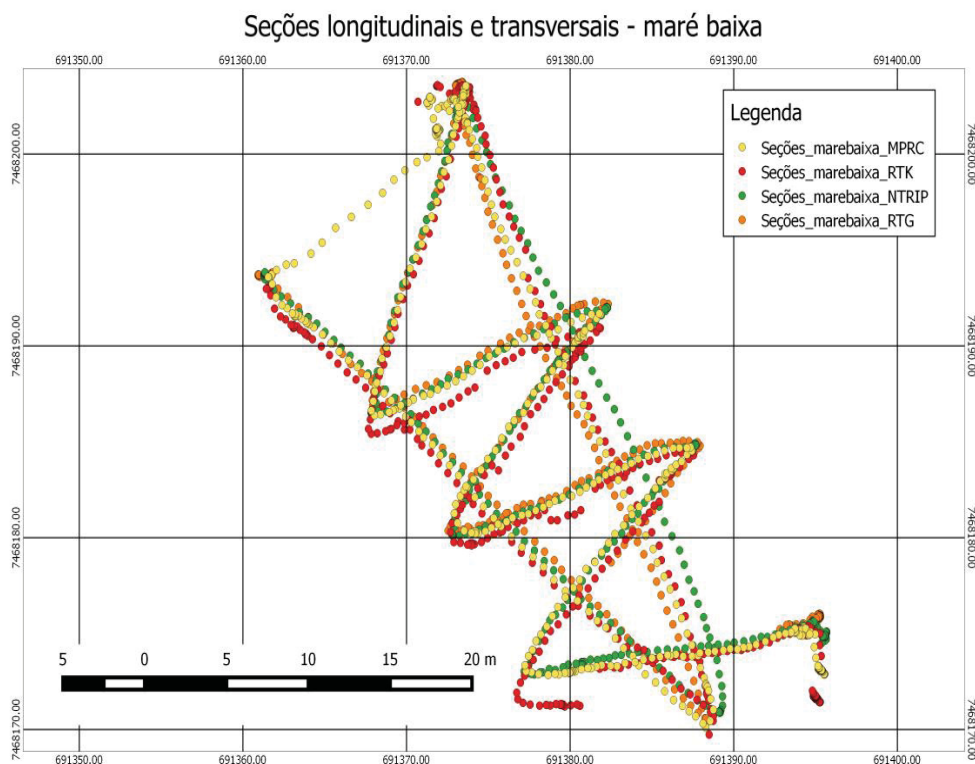


FIGURA 109 - Resultado do trajeto simultâneo realizado com o emprego dos equipamentos GPS no levantamento das seções transversais e longitudinais da Praia do Cais (maré baixa).
FONTE: O autor (2015).

Nas seções transversais e longitudinais realizadas durante a maré alta, os equipamentos RTG e NTRIP aparentaram visualmente estar bastante acurados em relação ao MPRC (dados sobrepostos). Já o equipamento RTK apresentou

deslocamento de cerca de 2,0 metros na direção sudeste e de aproximadamente 1,5 metros na direção nordeste (FIGURA 110).

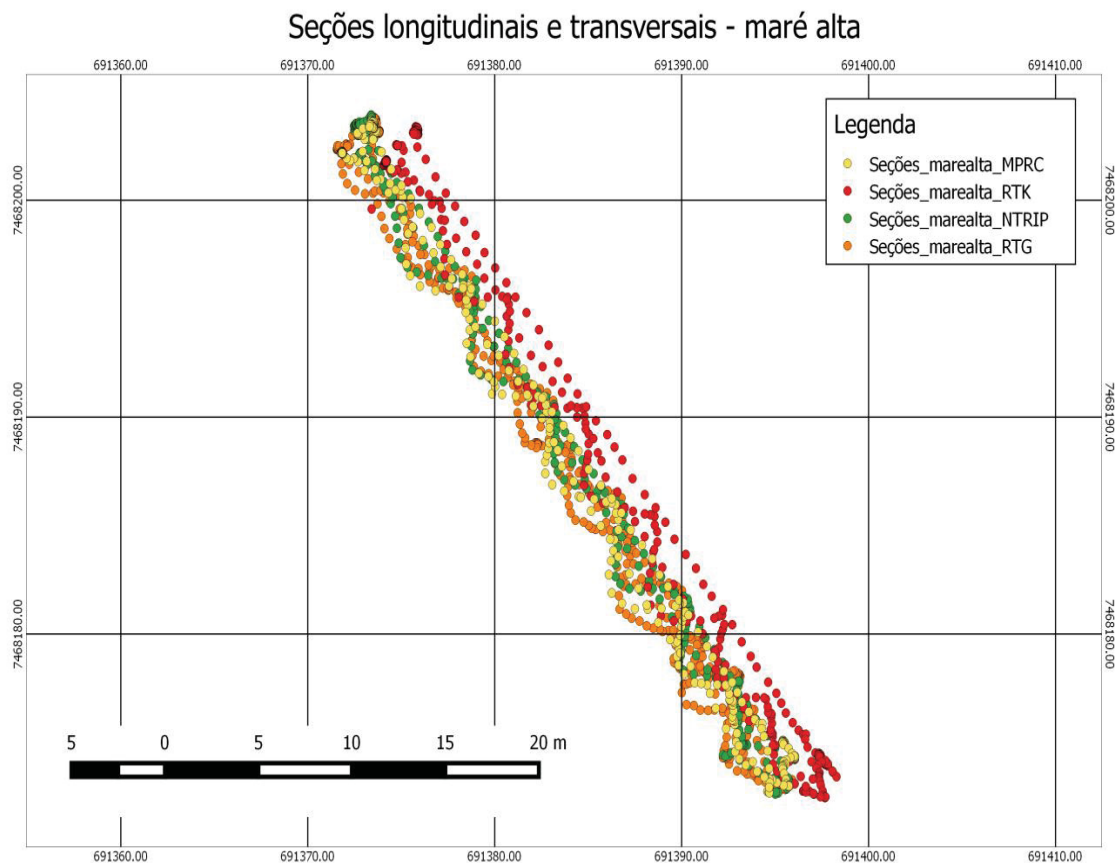


FIGURA 110 - Resultado do trajeto simultâneo realizado com o emprego dos equipamentos GPS no levantamento das seções transversais e longitudinais da praia do cais (maré alta)

FONTE: O autor (2015)

De posse dos dados obtidos nos levantamentos (pontos tridimensionais), foi realizada a construção dos modelos digitais do terreno (MDT), com a utilização de rede de triângulos irregulares (TIN), possibilitando traçar perfis longitudinal e transversal sobre estes MDTs. Os MDTs construídos a partir das soluções obtidas com o MPRC para as análises dos perfis da Praia do Cais (maré alta e maré baixa) estão apresentados no Apêndice A.

Em relação aos perfis longitudinais traçados referentes aos levantamentos durante a maré baixa, verificou-se comportamento similar entre o MPRC e o NTRIP, quando da análise da coordenada Este com relação a altitude elipsoidal. Já o RTK,

apresentou diferenças altimétricas de cerca de 1 metro com relação ao perfil longitudinal padrão, e o RTG apresentou diferenças altimétricas variando entre 1 a 2,5 metros do perfil considerado acurado (FIGURA 111).

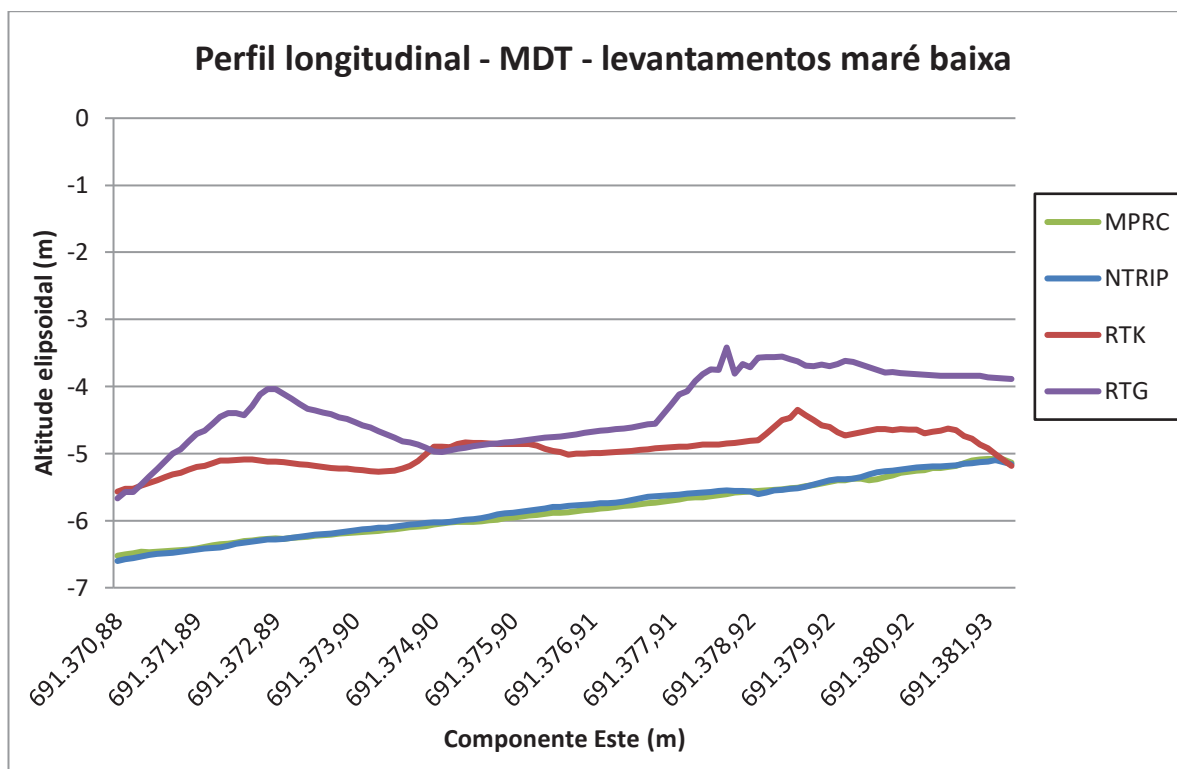


FIGURA 111 – Perfil longitudinal dos MDTs dos levantamentos realizados durante a maré baixa.

FONTE: O autor (2015).

Nos perfis transversais referentes à maré baixa, os comportamentos do MPRC e do NTRIP foram novamente semelhantes, enquanto que o RTG chegou a se afastar aproximadamente 2 metros do perfil transversal padrão (FIGURA 112).

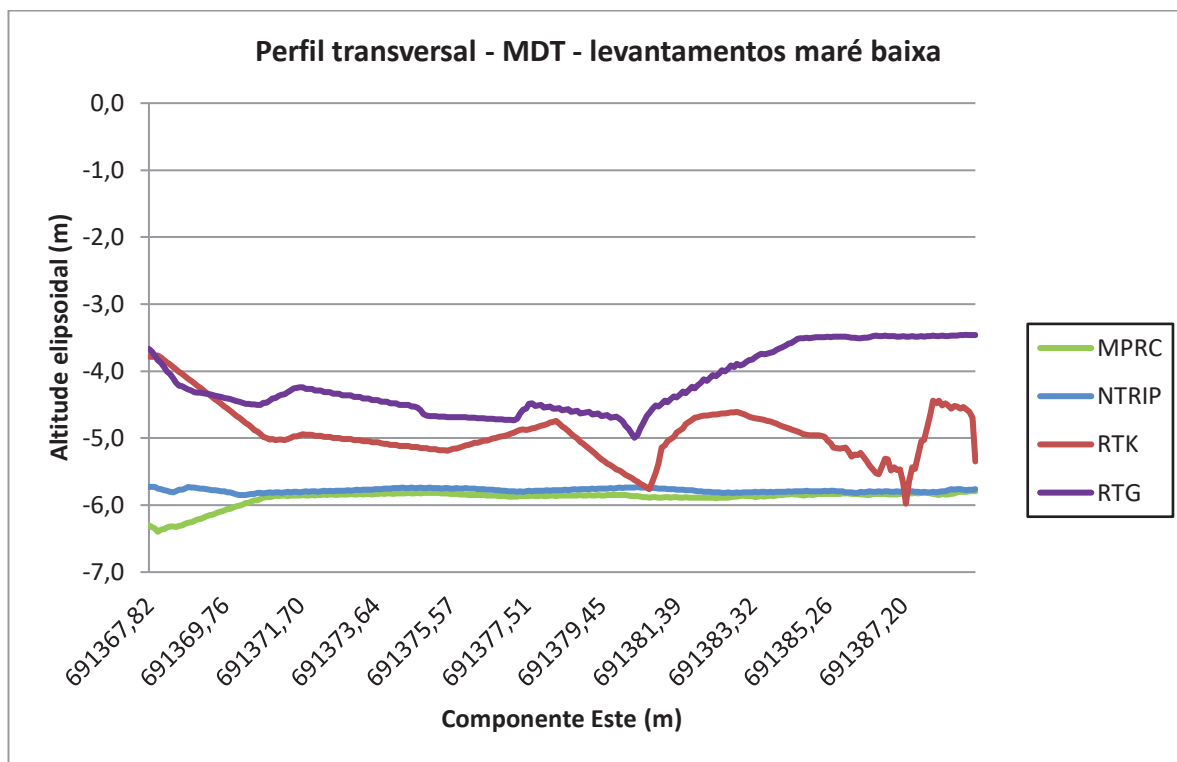


FIGURA 112 - Perfil transversal dos MDTs dos levantamentos realizados durante a maré baixa.

FONTE: O autor (2015).

Na análise visual dos perfis longitudinais dos levantamentos realizados durante a maré alta, o NTRIP apresentou o perfil mais similar com o MPRC. O RTG teve seu perfil deslocado por cerca de 2 metros. O RTK apresentou deslocamento na coordenada Este de cerca de 0,80 metros, e diferenças em altitude de aproximadamente 1 metro (FIGURA 113).

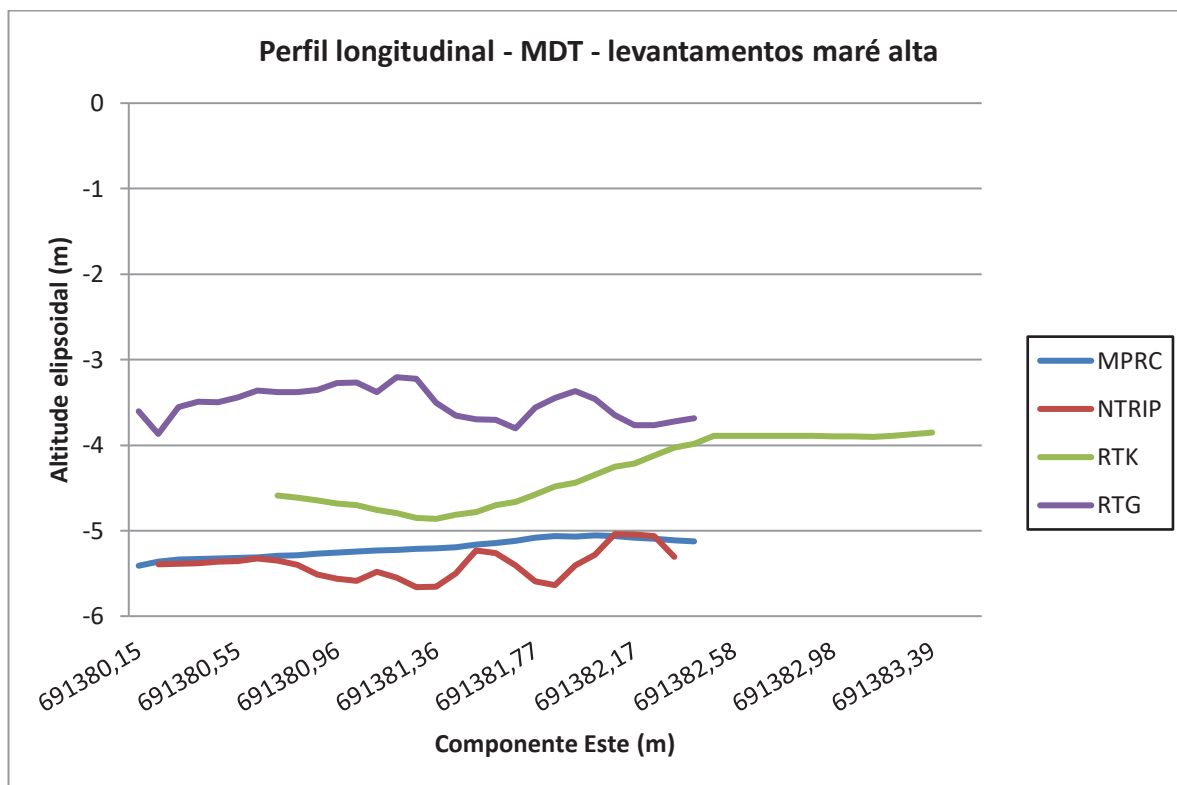


FIGURA 113 - Perfil longitudinal dos MDTs dos levantamentos realizados durante a maré alta.

FONTE: O autor (2015).

O perfil transversal com o comportamento mais próximo ao padrão, quando dos levantamentos realizados durante a maré alta, foi o NTRIP. Os levantamentos RTK e RTG apresentaram perfis deslocados na altitude elipsoidal em relação ao do MPRC (cerca de 2 metros para o RTG e 1,5 metros para o RTK) (FIGURA 114).

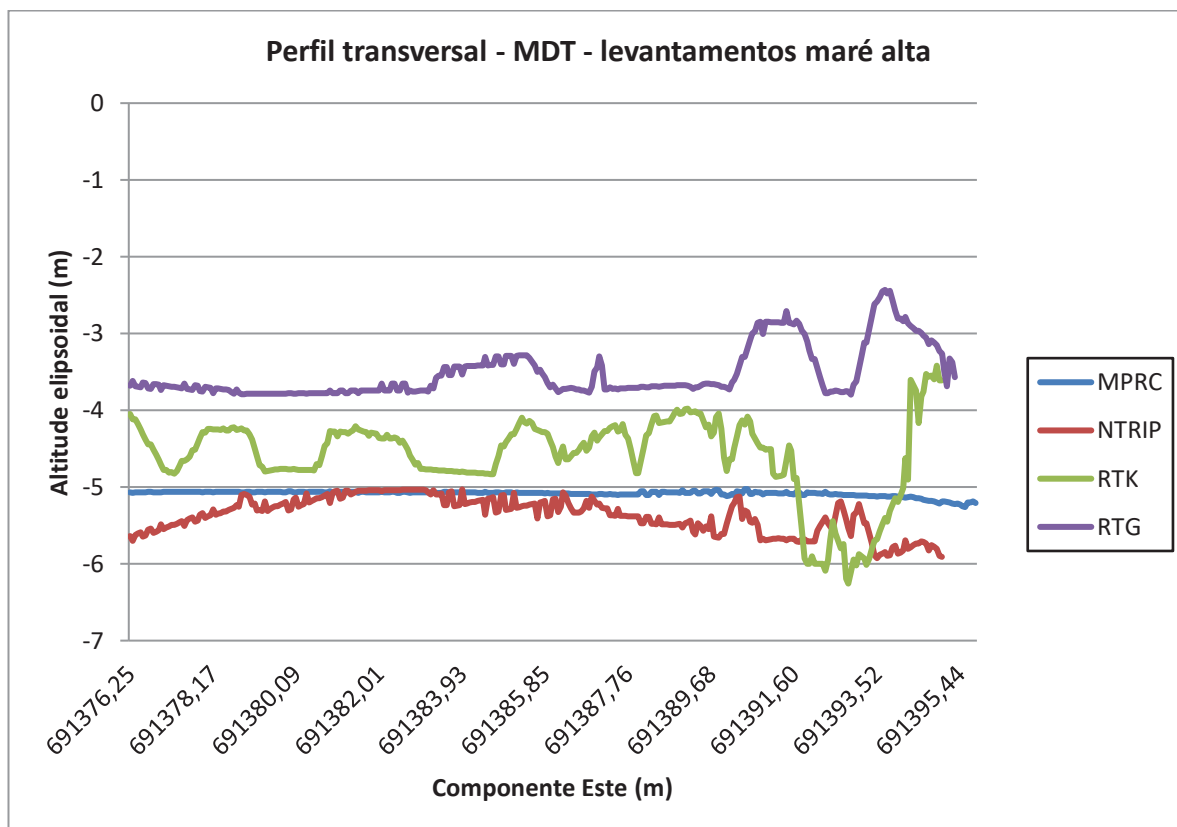


FIGURA 114 - PERFIL TRANSVERSAL DOS MDTs DOS LEVANTAMENTOS REALIZADOS DURANTE A MARÉ ALTA.

FONTE: O autor (2015).

4.4.3 Análise do tempo necessário de rastreo para alcançar a precisão 0,1 metros

Foi verificado, junto aos levantamentos do Experimento 04, o tempo necessário de rastreo para que os equipamentos Diferencial GPS avaliados chegassem a alcançar a precisão de 0,1 metros.

Em relação aos levantamentos realizados (total de 18 rastreios), foi verificado que em 13 deles não foi alcançada a precisão esperada em toda a duração do rastreo. Em 05 levantamentos, a precisão desejada foi alcançada com a solução com a entrada da fase (TABELA 157).

TABELA 157 - Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros.

Tempo necessário para alcançar a precisão 0,1 metros (segundos)				
Nome do ponto	Precisão Altimétrica	Precisão Planimétrica	Precisão 3D	observações
perfil transversal - mare alta- rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
perfil transversal - mare alta - ntrip	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
perfil transversal - mare alta - rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
perfil transversal - mare baixa - rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
perfil transversal - mare baixa - ntrip	01	01	01	solução com a entrada da fase
perfil transversal - mare baixa - rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
perfil longitudinal - mare alta- rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
perfil longitudinal - mare alta - ntrip	01	01	01	solução com a entrada da fase
perfil longitudinal - mare alta - rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
perfil longitudinal - mare baixa - rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
perfil longitudinal - mare baixa - ntrip	01	01	01	solução com a entrada da fase
perfil longitudinal - mare baixa - rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
area da praia - mare alta - rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
area da praia - mare alta - ntrip	140	140	140	solução com a entrada da fase
area da praia - mare alta - rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
area da praia - mare baixa - rtk	x	x	x	não alcançou a precisão esperada
area da praia - mare baixa - ntrip	01	01	01	solução com a entrada da fase
area da praia - mare baixa - rtg	x	x	x	não alcançou a precisão esperada

FONTE: O autor (2015).

4.4.4 Análise do recuo e do avanço da linha de costa com a mudança da maré

Na análise do recuo e do avanço da linha de costa com a mudança da maré, verificou-se que quando da comparação das linhas de costa de marés alta e baixa, com o mesmo levantamento MPRC, a linha de costa padrão sofreu um recuo médio de 13,8567 metros. O NTRIP apresentou a menor distância média (erro médio) em relação ao padrão igual a 0,0687 m, e o RTG a maior distância média (2,1977 m) (TABELA 158).

TABELA 158 – Análise de erro de recuo e avanço da linha de costa com a mudança da maré.

Análise do erro de recuo e avanço da linha de costa (valores em metros)						
Linhas		Medições				
Maré alta	Maré baixa	Noroeste	Central	Sudeste	Média	Erro médio
MPRC	MPRC	13,896	12,865	14,809	13,8567	x
RTK	RTK	14,867	15,346	16,011	15,4080	1,5513
NTRIP	NTRIP	13,519	13,551	14,294	13,7880	-0,0687
RTG	RTG	12,056	12,018	10,903	11,6590	-2,1977

FONTE: O autor (2015).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

A presente pesquisa procurou apresentar uma análise da acurácia e precisão de alguns métodos de posicionamento em tempo real, como o RTK, o RTK via NTRIP e o RTG.

Após as análises das soluções do ponto PE01 (Experimento 01) obtidas pelos Métodos Diferenciais empregados, constatou-se que para as aplicações geodésicas devem ser utilizadas apenas com as soluções de fase com ambiguidades resolvidas, aplicando-se de preferência filtros, visto que pode haver um ganho significativo na precisão. Para este ponto, verificou-se que as soluções filtradas pelo box-plot são melhores do que aquelas obtidas com o filtro máscara.

Analisando os Métodos Diferenciais empregados no ponto PE01 quanto à acurácia e à precisão, constatou-se que o RTG teve uma acurácia superior a 2,546 m e 0,335 m na altimetria e na planimetria, respectivamente. Contudo, a precisão do RTG foi inferior a 0,031 m para ambos os casos. O NTRIP apresentou uma acurácia planimétrica inferior a 0,136 m e uma acurácia altimétrica inferior a 0,293 m, bem como uma precisão planimétrica inferior a 0,013 m e a precisão altimétrica 0,028 m. As acurácias planimétrica e altimétrica foram inferiores 0,047 m e 0,268 m, respectivamente, e as precisões planimétrica e altimétrica foram inferiores a 0,027 m e 0,037 m, respectivamente, para o RTK. Dessarte, o RTG foi o método menos acurado que os demais, principalmente no que tange altimetria.

Analisando o RTK com a totalidade das soluções, verificou-se que o mesmo não é viável, bem como não se mostrou viável para pontos com obstruções apenas com as soluções da fase. Nos pontos livres de obstruções, o RTK com soluções fase apresentou acurácia altimétrica menor que 0,194 m, e planimétrica menor que 0,076 m. A precisão altimétrica foi menor que 0,078 m, e a precisão planimétrica foi menor que 0,032 m. Nos pontos com obstrução parcial, as acurácias altimétricas e planimétricas foram, respectivamente, menores que 0,127 e 0,066 m, e as precisões altimétricas e planimétricas foram, nessa ordem, menores que 0,017 e 0,006 m.

Comparando-se os levantamentos NTRIP e RTK, para os pontos considerados limpos e parcialmente obstruídos, constatou-se que o RTK foi mais acurado e menos preciso. O NTRIP apresentou ainda o melhor desempenho nos pontos obstruídos.

Em análise do RTK via NTRIP para os pontos livres de obstrução e com soluções fase, a acurácia altimétrica apresentou valor menor que 0,629 m, e planimétrica menor que 0,113 m. A precisão altimétrica teve valor de 0,049 m, e a precisão planimétrica de 0,021 m. Os pontos parcialmente obstruídos tiveram acurácia altimétrica menor que 1,304 m, e planimétrica de 0,174 m, com precisão altimétrica de 0,04 m e precisão planimétrica de 0,024 m. Nos pontos com obstrução, as acurácias altimétricas e planimétricas foram, respectivamente, menores que 0,359 e 0,137 m, e as precisões altimétricas e planimétricas foram, nessa ordem, menores que 0,137 e 0,026 m. O NTRIP com totalidade das soluções não é viável, contudo se mostrou viável para pontos com obstruções e com soluções fase.

Em relação ao RTG com soluções fase, nos pontos livres de obstrução, as acurácias altimétricas e planimétricas foram, respectivamente, menores que 1,640 e 0,267 m, e as precisões altimétricas e planimétricas foram, nessa ordem, menores que 0,068 e 1,085 m. Nos pontos parcialmente obstruídos, o RTG com soluções fase apresentou acurácia altimétrica menor que 0,366 m, e planimétrica menor que 2,135 m. A precisão altimétrica foi menor que 0,271 m, e a precisão planimétrica foi menor que 0,132 m. Nos pontos com obstrução, as acurácias altimétricas e planimétricas foram, respectivamente, menores que 2,359 e 0,579 m, e as precisões altimétricas e planimétricas foram, nessa ordem, menores que 3,137 e 5,945 m.

Na análise do erro e da precisão dos 10 pontos agrupados por tipo de obstrução para os diferentes levantamentos, verificou-se que nos levantamentos realizados em terrenos classificados como limpos, o equipamento RTK apresentou menores valores médios para os erros (0,1155 m em altimetria e 0,0439 em planimetria), enquanto que o equipamento NTRIP apresentou melhores precisões (0,0494 m em altimetria e 0,0210 em planimetria). Nos pontos levantados em terrenos parcialmente obstruídos, observou-se que o equipamento que apresentou menores valores médios em relação ao erro e à precisão, tanto altimétrica como planimetricamente foi o RTK, seguido pelo NTRIP (precisão de ambos abaixo de 0,1 m). Com os pontos levantados em terrenos obstruídos, não foi possível obter nenhuma solução fase utilizando o equipamento RTK. Dentre os dois equipamentos

restantes, o NTRIP apresentou melhores valores médios em erro e precisão, altimétrica e planimétrica.

Da análise do ganho em erro e precisão visa quantificar comparativamente os resultados obtidos através da aplicação dos filtros nas observações em relação aos dados utilizados sem a aplicação dos mesmos, o filtro box-plot aplicado às soluções fase teve ganho médio de 0,8589 m em erro planimétrico e de 1,2475 m em precisão planimétrica, enquanto que o filtro de máscara teve melhores resultados com ganho médio de 0,8304 m na precisão altimétrica e de 0,3666 m precisão planimétrica.

Em relação aos 02 levantamentos das linhas de costa da Praia do Cais, o RTG apresentou a mais alta precisão planimétrica média dos levantamentos cinemáticos, com os valores de 0,0608 e 0,1947 m, com 100% das soluções Diferencial GPS SPS, seguido pelo NTRIP, com 0,2947 e 0,3324 m em precisão, porém apresentando as proporções de soluções fase/código de 15%/85% e de 67%/33%. Considerando apenas as soluções fase do NTRIP, a precisão do mesmo seria melhor que a do RTG (0,0580 e 0,0519 m) em ambos os levantamentos. O RTK, que teve somente soluções código, teve a precisão com os valores de 2,3460 e 2,7540 m.

Em relação ao cálculo do erro dos levantamentos das linhas, o NTRIP apresentou o menor valor no primeiro levantamento (0,0922 m), enquanto que no segundo o menor valor foi o do RTG (0,1550 m), cabendo resaltar ainda que o experimento foi realizado sob duas constelações GNSS diferentes (linhas vespertinas e linhas noturnas). Analisando a acurácia, o melhor resultado foi apresentado pelo RTG (0,2336 e 0,3497 m), seguido pelo NTRIP (0,3869 e 0,5039 m) e o RTK (4,3692 e 3,0723 m).

A utilização das soluções código não são as mais indicadas na obtenção das coordenadas, tendo em vista que as soluções fase apresentam melhores precisões. O RTK apresentou problemas de transmissão dos dados referentes às correções diferenciais. Com os resultados obtidos, não se pode destacar que o RTK é inferior aos demais equipamentos avaliados, e sim que as correções diferenciais não foram satisfatórias.

O equipamento NTRIP utilizado na presente pesquisa recebe as correções diferenciais através de um telefone celular que se comunica com o receptor através de conexão Bluetooth. Tal conexão pode acarretar mais perda das correções, quando comparado com os receptores que tem o slot para o chip de telefonia móvel colocado

dentro dos mesmos. Cabe ainda ressaltar que os valores em acurácia e precisão dos levantamentos realizados no presente experimento não alcançaram aos obtidos por Costa *et al.* (2008) que, com a utilização de linhas de base de cerca de 30 km, obteve acurácia planimétrica e altimétrica de 0,06 metros, com desvio-padrão igual a 0,02 e 0,03 metros, respectivamente, com solução fase.

No experimento 03, verificou-se que, assim como no experimento 01, a utilização das soluções fase/Diferencial GPS SPS oferecem melhores resultados em acurácia e precisão que a totalidade das mesmas. Na análise dos erros altimétricos com a utilização das soluções fase, o NTRIP apresentou melhor resultado com valor de 0,0608 m, seguido pelo RTG (0,4332 m) e pelo RTK (0,4723 m). As melhores precisão e acurácia foram do NTRIP (0,0869 e 0,1476 m, respectivamente), seguidas pelo RTG (0,4246 e 0,8579 m, nesta ordem).

Quando da utilização dos filtros, o RTK teve melhores resultados com o filtro de máscara, apresentando valores de precisão e acurácia iguais a 0,8791 e 1,0245 m, respectivamente. O RTG apresentou precisão e acurácia com o filtro box-plot de 0,2587 e 0,6700 m, nesta ordem. O NTRIP teve resultado de precisão igual a 0,0697 m e de acurácia de 0,1301 m com o filtro box-plot.

Verificou-se que o comportamento quanto ao ganho (positivo, negativo ou nulo) em relação ao erro, à precisão e à acurácia quando do uso dos filtros com as soluções fase/Diferencial GPS SPS, o filtro box-plot se mostrou mais efetivo, obtendo ganhos positivos ou nulos em 66 de 75 experimentos realizados, apresentando neste quesito resultados melhores que o filtro de máscara (59 de 75).

Quando da verificação do processamento do levantamento dos pontos dos desníveis do Experimento 03 com a frequência L1 e as frequências L1 e L2, tendo em vista a linha de base curta, observou-se que no primeiro processamento realizado (L1) não foi possível resolver as ambiguidades para os pontos 05 e 06, ficando a solução encontrada para os referidos pontos do tipo *float*, enquanto que para o segundo as soluções encontradas foram do tipo *fixed*.

Na análise da área de praia referente aos levantamentos durante a maré baixa, verificou-se que o NTRIP apresentou melhores resultados, com 98,12% em acurácia da área e 99,90% em acurácia do perímetro, seguido pelo RTK com 97,92% em acurácia de área, e pelo RTG com 99,87% em acurácia do perímetro.

Quando dos levantamentos da área de praia durante a maré alta, O RTK foi o mais acurado em área (99,99%), seguido pelo RTG (91,45%). O mais acurado em perímetro foi o RTG (99,49%), seguido pelo NTRIP (99,14%).

Verificando-se a retrogradação da área da praia, verificou-se que, tanto em área como em perímetro, o NTRIP foi o mais acurado (99,26% e 99,05%, respectivamente). O RTK foi o segundo mais acurado em área (97,16%), enquanto que o RTG foi o segundo em relação ao perímetro (94,90%).

Em relação aos perfis longitudinal e transversal da praia a partir do MDT durante a maré baixa, notou-se que o NTRIP apresentou comportamento similar ao padrão. O RTK e o RTG apresentaram diferenças altimétricas de no mínimo 1 metro em relação aos perfis padrão. Em relação aos perfis longitudinal e transversal da praia a partir do MDT durante a maré alta, o NTRIP apresentou o perfil mais similar ao padrão, e o RTG teve seu perfil deslocado por cerca de 2 metros.

Verificando-se o recuo e o avanço da linha de costa com a mudança da maré, notou-se que o NTRIP apresentou a menor distância média (erro médio) em relação ao padrão igual a 0,0687 m, seguido pelo RTK, com distância média de 1,5513 m.

Em relação aos objetivos propostos para a presente pesquisa, é importante salientar que os mesmos foram alcançados.

Sobre investigação acerca do efeito da mudança na geometria da constelação dos satélites GNSS sobre os levantamentos Diferencial GPS, pode-se verificar que no experimento das linhas de costa, o levantamento vespertino apresentou equipamento com menor erro (NTRIP) diferente ao do levantamento noturno (RTG).

5.2 RECOMENDAÇÕES

Resultam dessa pesquisa as seguintes recomendações para trabalhos futuros permitindo novas e diferentes análises de precisão e acurácia para os métodos de posicionamento em tempo real:

- Devido a vários levantamentos do RTK não terem recebido soluções fase, recomenda-se mudar o local da base de referência, de forma a verificar quais as possíveis causas do ocorrido;

- Utilizar equipamento NTRIP que não necessite de telefone celular para a recepção das soluções (receptor que já possui slot para colocação do chip), evitando ter mais uma conexão entre os equipamentos;
- Coletar as mensagens NMEA no momento dos levantamentos, e utilizá-las posteriormente para a realização das análises;
- Repetir os experimentos realizados na presente pesquisa com a utilização de diferentes linhas de base e ambientes;
- Ajustar os valores utilizados na máscara, do chamado filtro de máscara, para otimizar os ganhos obtidos com tal filtro;
- Com o filtro de máscara, testar diferentes linhas de tendência (por exemplo, polinomiais, média móvel, entre outras), além da linear, testada nesta pesquisa, buscando melhor ajuste dos dados e melhores coeficientes de correlação.
- Com o filtro box-plot, realizar testes variando as proporções utilizadas na realização dos cálculos dos limites inferiores e superiores dos dados, resultando na eliminação de diferentes quantidades de *outliers*, e por consequência diferentes valores de estatística descritiva.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO A.G.S.; FRANCO C.G.M.; SOUTO M.V.S.; AMARO, V.E. **Evolução dos campos de dunas do litoral setentrional do RN, com base na análise multitemporal de produtos de sensoriamento remoto**. In: XXII Simpósio de Geologia do Nordeste: geologia aplicada, econômica, geofísica, hidrogeologia e geomedicina. Rio Grande do Norte, 2007.

ARROYO-SUAREZ, E.N.; RILEY, J.L.; MABEY, D.L. **Evaluating a Global Differential GPS System for Hydrographic Surveying**. In: Institute of Navigation GNSS 2005, Long Beach, 2005.

ASHTech Inc. **Ashtech Z-XII. GPS Receiver Operating Manual**. Maio 1994, p. 153-172.

BAUER, M. **Vermessung und Ortung mit Satelliten**: NAVSTAR-GPS und andere satellitengestützte Navigationssysteme. 5. Aufl. Heidelberg: Wichmann, 1997.

BRIONES, A. B. **Análise do posicionamento DGPS baseado nas ERDGPS implantadas no litoral brasileiro**. 104 f. Dissertação (Mestrado em ciências geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

BROWN, N.; KEENAN, R.; RICHTER, B.; TROYER, L. **Advances in ambiguity resolution for RTK applications using the new RTCM 3.0 Master-Auxiliary messages**. In: Institute of Navigation GNSS 2005, Long Beach, 2005.

Centro de Informação Analítica (IAC) - Disponível em: <Error! Hyperlink reference not valid.> Acesso em 21 de Abril de 2015.

CHEN, R.; LI, X.; WEBER, G. Test Results of an Internet RTK System Based on the NTRIP Protocol. 2004. Disponível em <http://igs.bkg.bund.de/pdf/Chen_GNSS2004.pdf> Acesso em: março 2016.

COELHO, L. A. N.; CHAVES, J. C. **Precisão na determinação das coordenadas dos vértices de imóveis urbanos**. RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online), v. 67, p. 287-305, 2015.

COSTA, S. M. A., LIMA, M. A. A., MOURA JUNIOR, N. J. de, ABREU, M. A., DA SILVA, A. L. e FORTES, L. P. S. **RBMC em Tempo Real, via NTRIP, e seus benefícios nos levantamentos RTK e DGPS**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, PE, 2008.

COSTA, S. M. A., ., DA SILVA, A. L. , LIMA, M. A. A., MOURA JUNIOR, N. J. de, QUIRINO, R. A., ALONSO, P. R. **Avaliação do serviço RBMC-IP nos levantamentos em tempo real**. Resumo. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro – RJ. [201-?].

DAMMALAGE, T. L.; SRINUANDEE, P.; SAMARAKOON, L.; SUSAKI, J.; SRISAHAKIT, T , 2008. **Potential Accuracy and Practical Benefits of NTRIP Protocol Over Conventional RTK and DGPS Observation Method**. Disponível em <http://www.gisdevelopment.net/technology/gps/ma06_102.htm>. Acesso: 25 abril 2015.

DOTTORI, M; NEGRAES, R. **GPS Manual Prático**. Editora Fittipaldi, São Paulo, 1997.

FREIBERGER JUNIOR, J.; KRUEGER, C.P. **Posicionamento RTK Empregando Diferentes Estações de Referência**. Revista Brasileira de Cartografia N 59/02. p 137-144. Agosto 2007.

FREIBERGER JUNIOR, J. **Análise da degradação do posicionamento em tempo real com o emprego do GNRT**. Curitiba, 2003. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná.

GAMA, L.F.; DE SEIXAS, A. **Implantação e Interligação de Campo de Pontos Planimétricos de Referência para o Georreferenciamento de Estruturas Arquitetônicas**. Submetido ao II SIMGEO – Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2008.

GONZALEZ-MATESANZ, F. J.; WEBER, G.; CELADA, J.; DALDA, A.; QUIROS, R. **El Proyecto EUREF-IP, Resultados con GPRS**. 4ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. Figueira da Foz (Portugal). 3-7 fevereiro 2004.

GUTERRES, S.D.R (2009). **Investigações sobre posicionamentos pelo método DGPS usando transmissão das correções diferenciais pelo NTRIP e pelo RDS**. Santa Maria – RS, 2009. 114 f. Dissertação (Mestre em Geomática) – Departamento de Geomática, Universidade Federal de Santa Maria.

HATCH, R.; SHARPE T.; GALYEAN P. [ca. 2014]. **StarFire: A Global High Accuracy Differential GPS System**. Disponível em: <http://www.navcomtech.com/navcom_en_US/docs/download_center/white_papers/archived/starfire_a_global_high_accuracy_system.pdf?locale=navcom_en_US>

HOFFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER H., COLLINS J. **Global position system: theory and practice**. New York: Springer-Verlag Wein, 2001. <http://www.nmea.org/content/about_the_nmea/about_the_nmea.asp>. Acesso em 01 maio de 2015.

HOREMUŽ, M; ANDERSSON, J. V. **Analysis of the precision in free station establishment by RTK GPS**. *Survey Review*, 43, 323 pp. 679-686. Outubro, 2011.

HU, G.R; KHOO H.S; GOH P.C; LAW C.L. **Development and assessment of GPS virtual reference stations for RTK positioning**. *Journal of Geodesy*, 77, p. 292–302, 26 Março 2003.

HUDSON,J.R.; SHARP,T. **Globally Corrected GPS (GcGPS)**: C-Nav GPS System. Dynamic Positioning Conference, Marine Technology Society, Houston, 2001.

IBGE. RBMC-IP - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/ntrip/>>. Acesso em: março 2016.

INTERNATIONAL GNSS SERVICE – IGS. Data and products. Disponível em <http://igsb.jpl.nasa.gov> . Acesso em março de 2016.

JÚNIOR, E. S. da F. **Global Positioning System**. São Paulo, [2003]. Disponível em: <http://www.ptr.usp.br/Cursos/SIG_GPS/gps/home.htm>. Acesso em 4 de maio de 2008.

KAHMEN, H. **Vermessungskunde**. 19. Aufl., de Gruyter, Berlin – New York.

KRUEGER, C. P. **Apresentação de aula** – Disciplina de Levantamentos Geodésicos II. UFPR. Curitiba, 2011.

KRUEGER, C. P. **Investigações sobre aplicações de alta precisão no âmbito marinho**. Curitiba – PR, 1996. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1996.

KRUEGER, C.P. **Posicionamento Cinemático de Trens**. Curitiba, Paraná, 1994, 185p. Dissertação de Mestrado em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná.

LANGLEY, R. **RTK GPS**. *GPS World*, Setembro, 1995.

LEANDRO D.; HUINCA S. C. M.; KRUEGER C. P.; RAMOS A. M. **Análise da qualidade do posicionamento de uma embarcação em um levantamento hidrográfico**. *Revista Anais Hidrográficos*. Rio de Janeiro, p.75-85, 2008.

LEE, I-S; GE, L. **The performance of RTK-GPS for surveying under challenging environmental conditions**. *Earth Planets Space* 58, 515–522, Australia, 2006.

LEICK, A. 1995. **GPS Satellite Surveying**. 2ª ed., New Jersey, John Wiley & Sons.

LENZ, E. **Network Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) – Application and Benefit in Modern Survey System**. FIG Working Week, Atenas, 2004.

MARINHA DO BRASIL. **Lista de auxílios-rádio**. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Centro de Hidrografia da Marinha. 13ª Edição. Niterói, 2015.

MARQUES, H. A. M. **PPP em Tempo Real com Estimativa das Correções dos Relógios dos Satélites no Contexto de Rede GNSS**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

MONICO J.F.G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS, Descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Unesp, 2000.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo SP: Editora UNESP, 2008. 476.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e aplicações**. São Paulo, 2008, 476p. Editora UNESP, 2ª ed.

MOREIRA, A. L. L. (2011). **Precisão do posicionamento RTK usando correções diferenciais transmitidas pelo sistema NTRIP (RBMC-IP)**. Santa Maria – RS, 2011. 93 f. Dissertação (Mestre em Geomática) – Departamento de Geomática, Universidade Federal de Santa Maria.

MUELLERSCHOEN, R. J. **Real time data flow and product generation for GNSS**. California: Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. Disponível em: <http://igscb.jpl.nasa.gov/projects/rtwg/RT_PP_Berne.doc> Acesso em 27 jan 2015.

NMEA. Disponível em: <http://www.nmea.org/content/about_the_nmea/about_the_nmea.asp>. Acesso em 01 de maio de 2015.

NTRIP. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/ntrip/>>. Acesso em 15 abril 2015.

PIRTI A. **Performance analysis of the Real Time Kinematic GPS (RTK GPS) technique in a highway project (stake-out)**. *Survey Review*, 39, 303 pp. 43-53, Janeiro 2007.

PIRTI A. **Evaluating the repeatability of RTK GPS**. *Survey Review*, 43, 320 pp. 177-186. Abril 2011.

PLÁCIDO JUNIOR, J.S. (2007). **Monitoramento tridimensional de áreas dos campos petrolíferos de serra e macau, Costa Norte do Rio Grande do Norte, BRASIL**. Rio Grande do Norte, 2007.

PRADO, A., **Análise da Acurácia e da Correlação Espacial nas Técnicas DGPS e RTK**. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

RAMOS, A. M. **Aplicação, investigação e análise da metodologia de reduções batimétricas através do método GPS Diferencial Preciso**. Curitiba, 2007. 221 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná.

RAMOS, A. M.; KRUEGER, C. P. **Observações maregráficas empregando a técnica RTK OTF em apoio a levantamentos hidrográficos para atualização de cartas náuticas**. COBRAC 2006 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - UFSC Florianópolis - 15 a 19 de Outubro 2006.

RAMOS, A. M.; LEANDRO, D.; HUINCA, S. M.; KRUEGER, C. P. **Análise da acurácia horizontal do posicionamento GPS diferencial empregado em levantamentos hidrográficos a partir de sistemas DGPS**. In: simpósio brasileiro de geomática, 2; colóquio de ciências geodésicas, 5. Presidente Prudente, SP: Universidade Estadual Paulista, 2007. v. 1. 9 p.

ROGOWSKI, M.; KUJAWA, L. et al. **Some experiences in RTK and DGPS measurements using internet and GSM mobile-phone**. Disponível em: <www.euref.eu/symposia/book2004/P-10.pdf>. Acesso em: 28 Abril 2015.

RTCM; **RTCM Standard 10403.1 for Differential GNSS** (Global Navigation Satellite Systems) Services Version 3. Arlington, 2006.

SAATKAMP, E. D. **Desenvolvimento e experimentação de um formato para a transmissão de correções DGPS pelo RDS no Brasil**. Curitiba, 2003. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná (UFPR).

SAATKAMP, E. D. **Protocolos RTCM-SC104: desenvolvimento histórico e características das versões, aspectos de codificação e decodificação**. Palestra. In: I Workshop RBMC. São Paulo. 19 Junho 2013. Disponível em: <http://mundogeoconnect.com/2013/arquivos/palestras/19_jun-i-eno-saatkamp.pdf>. Acesso em: 31 dezembro 2015.

SANTOS, M.S.T. ; SILVA, E.B.S; SOUZA, A.M.; TEIXEIRA, W.L.E.; SCHMIDT, A.C.P.S; FILHO, F.P.L. **Geração e avaliação de modelo digital de terreno (MDT) com dados de GPS em tempo real (GPS/RTK)**. In: XXII Simpósio de Geologia do Nordeste. Rio Grande do Norte, 2007.

SCHWEITZER, A. **Monitoramento da linha de costa: uma análise de métodos e indicadores aplicados em investigações na escala de eventos**. Florianópolis – 2013. Dissertação (mestrado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2013.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. Berlin: De Gruyter, 1993.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications..** Walter de Gruyter. 2nd revised edition. Berlin-New York, 2003.

SEJAS, M. I., KRUEGER, C. P. **Levantamento cadastral do LAGE com o DGPS preciso**. Simpósio Brasileiro de Geomática, Presidente Prudente – SP, 9-13 de julho de 2002.

SILVA, D.R.V.; AMARO, V.E.; SOUTO, M.V.S. et al.; VANDESTEEEN, M. **Integração de dados radarsat e cbers aplicados à análise da evolução geoambiental no litoral setentrional do Rio Grande do Norte**. In: XXII Simpósio de Geologia do Nordeste. Rio Grande do Norte, 2007.

SILVA, D.R.V.; AMARO, V.E.; SOUTO, M.V.S.; FRANCO, C.G.M.; SOUZA, D.S.; FERREIRA A.T.S; SOUZA, A.S. **Análise geoestatística no processamento digital de imagens multiespectrais no litoral do Rio Grande do Norte**. In: XXII Simpósio de Geologia do Nordeste: Geologia sedimentar do petróleo e ambiental. Rio Grande do Norte, 2007.

SOARES, W. A. **Investigação de uma modelagem matemática como alternativa para aumento da área de cobertura de estações de referência DGPS**. Curitiba, 2005. 329 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná.

SOBEL, D. **Longitude**. 152p. Ed Companhia de bolso. ISBN 9788535912654, 2008. TRIMBLE, Series 4000 GPS Surveyor. 1995, p. 275-288.

SOUZA, A. N. **Avaliação das coordenadas GNSS obtidas pelo posicionamento cinemático RTK/NTRIP e PPP**. Recife, 2013, 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco (UFPR).

VESTENA, K. M. **Software nmeaRead** versão 1.0. Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba, Paraná, Novembro, 2015.

WEBER, G. **Streaming Real-Time IGS Data and Products Using NTRIP Proceedings Darmstadt IGS Workshop**, 2006. Disponível em <<https://igs.bkg.bund.de/pdf/>>. Acesso: março 2016.

WEBER, G.; DETTMERING, D.; GEBHARD, H.; KALAFUS, R. **Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip)-IP-Streaming for Real-Time GNSS Applications**. 2005. ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division. Disponível em: <<https://igs.bkg.bund.de/pdf/NtripPaper.pdf>> acesso em: março 2016.

WILLGALIS, S.; SEEGER, G.; KRUEGER, C. P.; ROMÃO, V. M. C. **A Real Time Reference Network for Recife, Brazil, enabling precise and reliable cadastral surveys**. In: FIG XXII INTERNATIONAL CONGRESS. Washington, D.C.USA. p. 1-14. 2002. Disponível. www.fig.net/pub/fig_2002/Ts5-8/TS5_8_willgalis_etal.pdf. Acesso em: 10 dezembro 2015.

WÜBBENA, G., BAGGE, A. **GPS-bezogene Ortungssysteme. Beitrag zum 37. DVW-Seminar Hydrographische Vermessung - Heute-, Vorträge des 37. DVW-Seminar, 28.-29. März 1995, Universität Hannover.**

WÜBBENA, G.; BAGGE, A. (1995). **Präzises DGPS in Echtzeit für Vermessung und GIS-Anwendungen**. Beitrag zum: DVW-Praxisseminar DGPS-Anwendungen, 1995, Hamburg. Garbsen: Geo++.

XU, H. **Application of GPS-RTK Technology in the Land Change Survey**. Procedia Engineering, 29, 3454–3459. In: International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE). China, 2012.

ZHANG, X.; LI, X.; GUO, F. **Satellite Clock Estimation at 1 Hz for Realtime Kinematic PPP Applications**. GPS Solutions. V.15, p.315-324, 2011.

APÊNDICE A

Modelos Digitais do Terreno

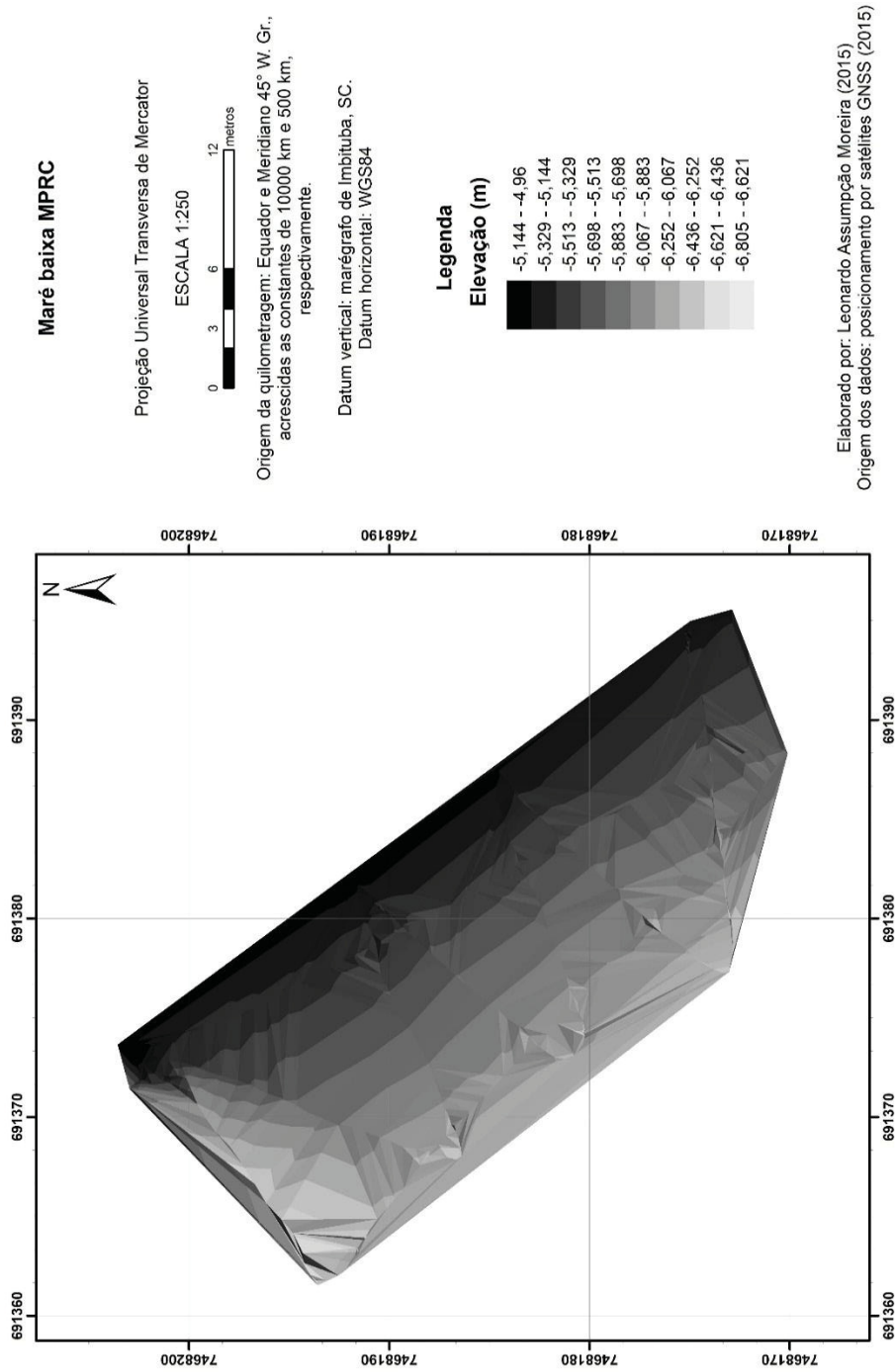
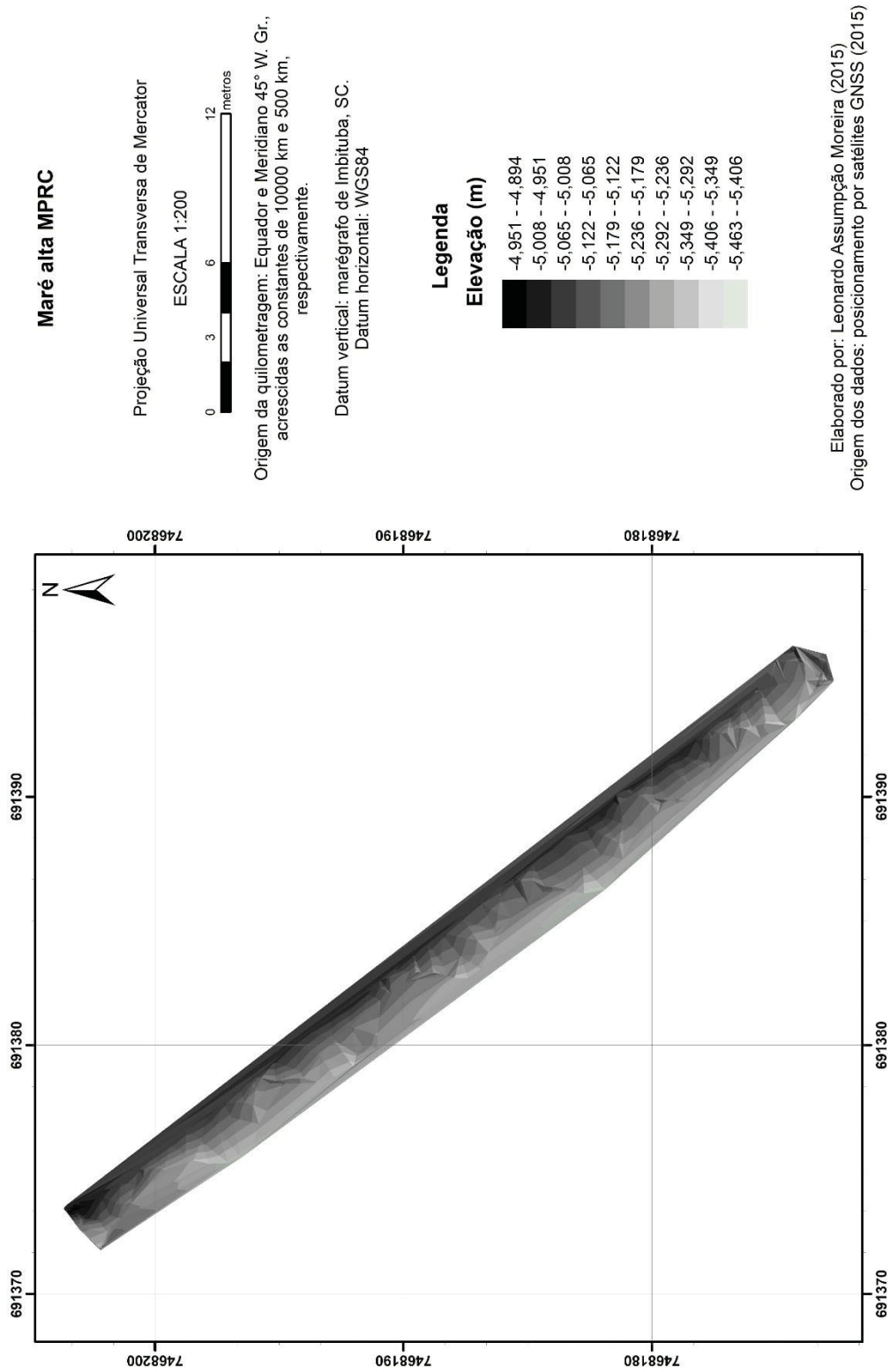


FIGURA 115 – Modelo Digital do Terreno da Praia do Cais - MPRC – mare baixa.
FONTE: O autor (2015).



Elaborado por: Leonardo Assumpção Moreira (2015)
Origem dos dados: posicionamento por satélites GNSS (2015)

FIGURA 116 – Modelo Digital do Terreno da Praia do Cais - MPRC – mare baixa.
FONTE: O autor (2015).

APÊNDICE B

Neste apêndice são apresentados os resultados obtidos com o processamento e com a análise estatística de acurácia e de precisão dos dados coletados no levantamento PE01 – 01 – RTK, do Experimento 01, utilizando tanto a totalidade das soluções obtidas, como somente as soluções fase do mesmo. A metodologia para a realização do presente experimento encontra-se descrita na seção 3.6.1 (Experimento 01 – análise de coordenadas geodésicas de pontos).

B.1 Análise estatística do levantamento PE01 – 01 – RTK com a totalidade das soluções obtidas

O levantamento utilizado como padrão para a realização da avaliação da acurácia e da precisão do levantamento PE01 – 01 – RTK foi o PE01 – MPRE. Tal levantamento teve seu pós-processamento realizado conforme se indica na seção 3.7. Pode-se verificar a fotografia de sua localização na Figura 23, assim como a descrição de seu entorno na mesma seção. Na TABELA 0159 verificam-se os resultados oriundos de seu processamento (com coordenadas geodésicas em SIRGAS2000).

TABELA 0159 - Dados obtidos pelo pós-processamento do levantamento PE01 – MPRE.

Levantamento PE01 - MPRE	
Nome do ponto	PE01
Latitude	22° 53' 12,86486" S
Longitude	43° 07' 50,65196" W
Ellip. Hgt	-3,1796 m
Componente E	691748,070 m
Componente N	7467782,754 m
DP Latitude	0,0000 m
DP Longitude	0,0000 m
DP Altitude	0,0000 m
DP Planimétrico	0,0000 m
Nº de satélites	20

FONTE: O autor (2015).

O levantamento PE01 – MPRE apresentou todos os *DOPs* dentro dos limites preconizados pela literatura ($DOP < 6,0$), com o GDOP variando entre 1,6 e 4,7 (TABELA 0160).

TABELA 0160 - DOPs do levantamento PE01 – MPRE.

DOPs do levantamento PE01 - MPRE			
	Mínimo	Médio	Máximo
GDOP	1,6	3,2	4,7
PDOP	1,5	2,7	3,8
VDOP	1,3	2,4	3,4
HDOP	0,7	1,3	1,8

FONTE: O autor (2015).

As datas, os horários e as durações de ambos os levantamentos podem ser verificados na TABELA 0161. A linha de base (*baseline*) entre o PE01 e a estação base ou de referência foi de 323,9826 m, e é considerada curta de acordo com a literatura, reduzindo o efeito dos erros causados pela refração ionosférica.

TABELA 0161 - Duração dos levantamentos e distância da Estação de referência.

Levantamento	Duração dos levantamentos e distância da Estação de referência					
	Distância da Est de ref	Início (data /hora)	Término (data / hora)	Semana GPS	Dia GPS	Duração
PE01 - MPRE	323,9826 m	07/29/2015 11:06:40	07/29/2015 14:12:56	1855	3	3h 06min 16s
PE01 - 01 - RTK	323,9826 m	07/29/2015 09:38:06	07/29/2015 09:52:41	1855	3	14min 35s

FONTE: O autor (2015).

O tamanho da amostra inicial (N=793) indica que o levantamento em questão (01 - *RTK*) realizou um rastreo de aproximadamente 13 minutos, já que o mesmo estava ajustado para coletar as observáveis GNSS a cada 1 segundo. É uma amostra considerada estatisticamente grande (TRIOLA, 1998).

A estatística descritiva das variáveis aleatórias quantitativas Componente E, Componente N e Componente Altimétrica podem ser verificadas na TABELA 0162.

TABELA 0162 - Estatística descritiva do levantamento PE01 - 01 – RTK.

Estatística Descritiva do levantamento PE01 - 01 - RTK				
	Comp E	Comp N	Comp Alt	Unidades
Média amostral	686574,5562	7461854,4078	-32853,0280	m
Moda	691748,0785	7467782,7259	-2,9822	m
Mediana	691747,4155	7467782,6890	-5,0913	m
Valor mínimo da amostra	586253,8384	7350320,4360	-607885,8560	m
Valor máximo da amostra	691748,1152	7467782,8140	1,5302	m
Amplitude (variação)	105494,2768	117462,3780	607887,3862	m
Variância	247704311,1241	316528582,7879	9219182549,7295	m ²
Desvio Padrao	15738,6248	17791,2502	96016,5743	m
Coeficiente de Variação de Pearson (CV)	0,0229	0,0024	-2,9226	-
Desvio amostral médio	0,0000	0,0000	0,0000	m
Desvio amostral absoluto médio	8522,1655	9761,4220	54000,7096	m
Desvio amostral quadrático médio	247391947,5533	316129429,5844	9207556846,6404	m ²
Erro médio	-5173,5138	-5928,3462	-32849,8484	m
Erro absoluto médio	5173,5174	5928,3489	32850,4270	m
Erro quadrático médio	274157192,3324	351274718,6940	10286669388,0015	m ²
N da amostra	793	793	793	-
Erro padrão	558,8950	631,7858	3409,6485	m
Coeficiente de assimetria	-3,9860	-3,8900	-3,6980	-
Erro de assimetria padrão	0,0868	0,0868	0,0868	m
Coeficiente de curtose	16,9948	16,1286	14,3835	-
Erro de Curtose padrão	0,1734	0,1734	0,1734	m
1º Quartil (Q1)	691747,3720	7467782,3010	-5,4842	m
3º Quartil (Q3)	691748,0605	7467782,7280	-2,9370	m

FONTE: O autor (2015).

A análise das distâncias interquartílicas (Q3-Q1) mostra que 50% dos dados da amostra estão concentrados entre 2,5473 m, no caso da variável Componente Altimétrica, entre 0,6885 m no caso da Componente E, e entre 0,4269 m no caso da Componente N (TABELA 0163).

TABELA 0163 - Distância interquartílica (Q3-Q1).

Distância interquartílica (Q3-Q1)	
Variável	Valor (m)
Componente Altimétrica	2,5473
Componente E	0,6885
Componente N	0,4269

FONTE: O autor (2015).

A amplitude, que é a diferença entre a maior e a menor observação da amostra, pode por vezes não medir bem a dispersão dos dados, já que a mesma utiliza em seu cálculo apenas os valores extremos, e não todos os dados existentes. Em relação à amostra em questão, verificou-se que as 03 coordenadas apresentaram valores extremos, como por exemplo, o valor mínimo da variável Componente Altimétrica (altitude elipsoidal) que foi de -607885,8560 m, gerando uma amplitude de 607.887,3862 m (pode-se comparar com o valor aproximado do diâmetro da Terra que é de 12.742.000 m – cerca de 5% do valor do mesmo). As demais coordenadas apresentaram, por sua vez, amplitudes de 105.494,2768 m (Componente E) e 117.462,3780 m (Componente N).

O desvio padrão é utilizado para determinar a dispersão dos dados da amostra (quanto maior o desvio padrão, maior a dispersão dos dados), que diferentemente da variância (outra medida de dispersão), possui a mesma unidade de medida dos dados utilizados em seu cálculo, o que facilita a sua utilização na análise estatística. O desvio padrão esperado para a amostra em questão, baseado em literaturas existentes é de aproximadamente 0,1 m.

O Coeficiente de Variação de Pearson (CV), que é a razão entre o desvio padrão da amostra e a sua média aritmética, expressa o desvio padrão como porcentagem da média. Quanto menor o coeficiente, mais homogêneo será o conjunto de dados (sendo 0 quando não houver variabilidade). O coeficiente de variação, como medida de dispersão, apresenta grande importância quando as amostras a serem comparadas possuem médias diferentes. A Componente N, portanto, é a mais precisa seguida pela Componente Este. Já a Altitude Elipsoidal apresenta o valor do desvio padrão da amostra em aproximadamente 3 vezes o valor da média amostral (TABELA 0164).

TABELA 0164 - Coeficiente de Variação de Pearson (CV) da amostra.

Coeficiente de variação de Pearson (CV)	
Variável	Valor
Componente Altimétrica	-292,26%
Componente E	2,29%
Componente N	0,24%

FONTE: O autor (2015).

Verificou-se, através da estatística descritiva, que os índices de curtose para as 03 variáveis aleatórias quantitativas referentes às coordenadas foram $\geq 14,3835$, caracterizando distribuições leptocúrticas, que apresentam maior probabilidade que a distribuição normal de possuírem valores discrepantes ou extremos (*outliers* ou *extreme values*), maior probabilidade que aquela de terem valores próximos da média, e de possuírem picos mais agudos com caudas mais longas e pesadas. Ainda apresentam a concentração de valores ao redor da média \pm desvio padrão menores que a da curva normal.

Para as 03 coordenadas do levantamento avaliado, os coeficientes de assimetria foram $\leq -3,698$, indicando distribuições assimétricas negativas. Um coeficiente de assimetria com valor negativo indica uma distribuição assimétrica negativa, onde os desvios negativos são preponderantes em relação aos positivos. Devido a tal fato, a cauda à esquerda é mais alongada que a cauda à direita. A média, puxada pela cauda maior à esquerda, é menor que a mediana que, por sua vez, é menor que a moda.

Das 793 observações realizadas durante o levantamento em avaliação, 641 apresentaram soluções fase e 152 apresentaram soluções código (FIGURA 0117).

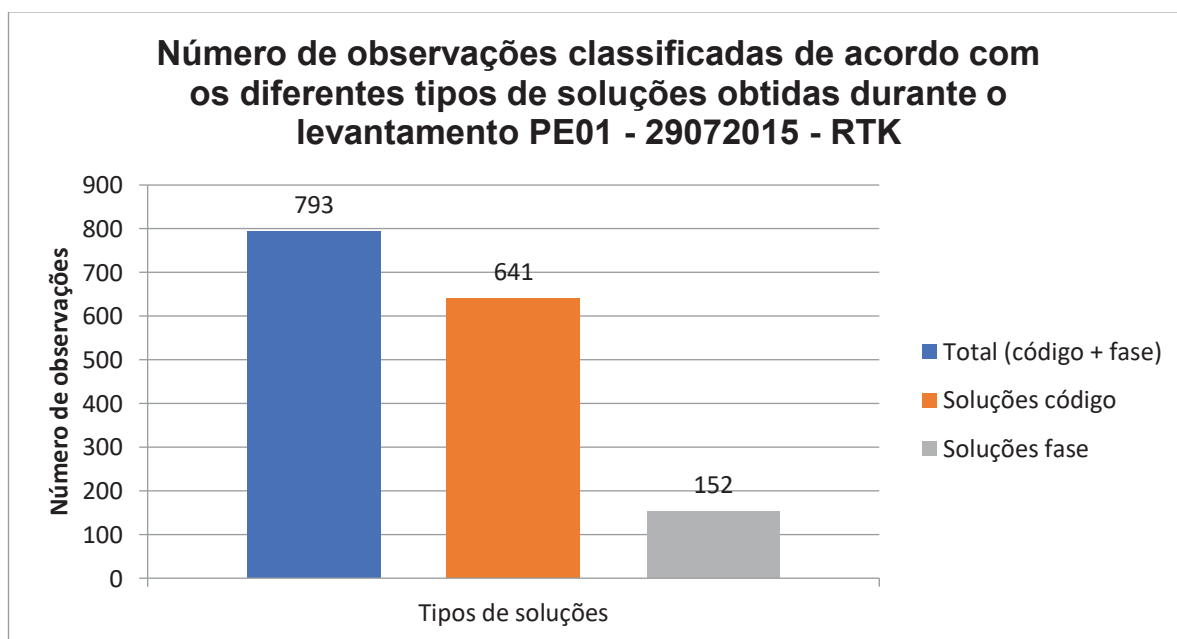


FIGURA 0117 - Número de observações classificadas de acordo com os diferentes tipos de soluções obtidas durante o levantamento PE01 - 01 – RTK.

FONTE: O autor (2015).

As coordenadas planimétricas (Componentes E e N) e altimétrica tiveram um aumento em variação entre os segundos 548 e 693 do levantamento em análise (FIGURA 0118, FIGURA 0119 e FIGURA 0120).

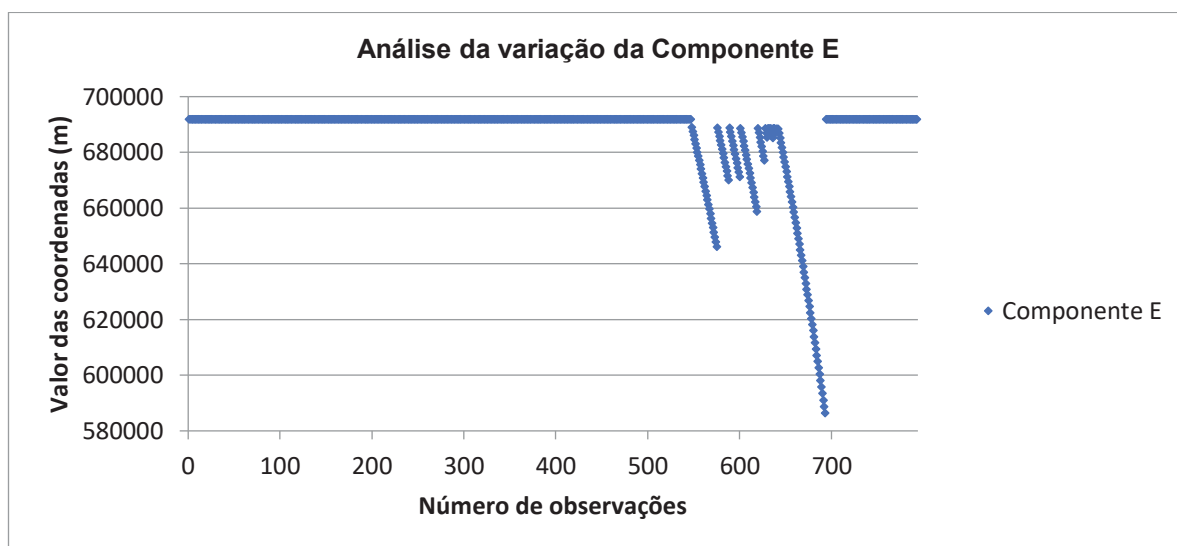


FIGURA 0118 - Análise da variação da Componente E do levantamento PE01 – 01 – RTK.

FONTE: O autor (2015).

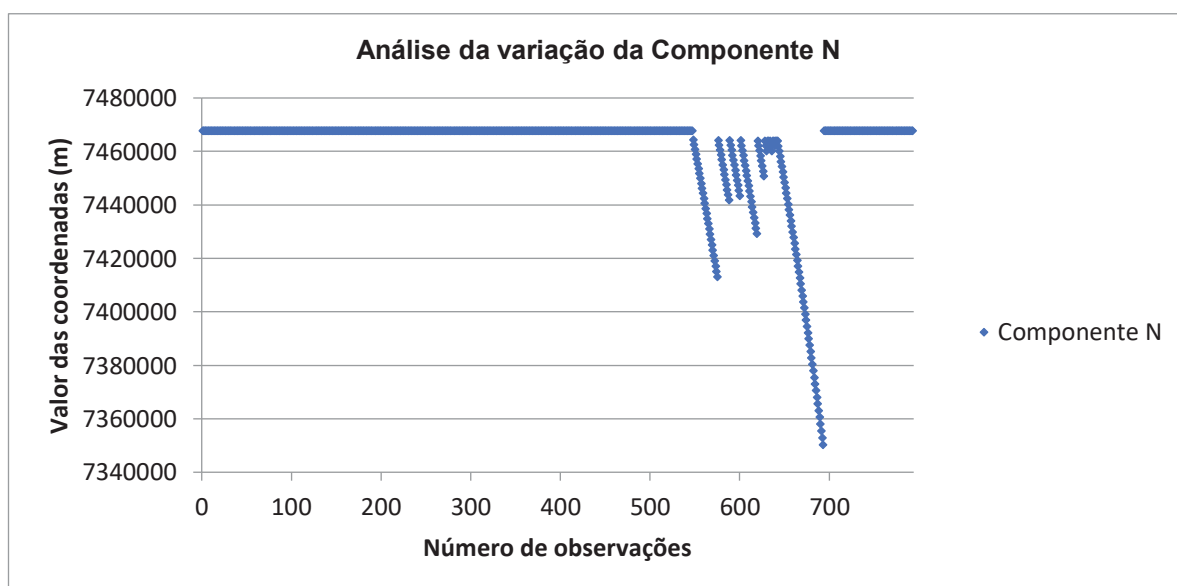


FIGURA 0119 - Análise da variação da Componente N do levantamento PE01 – 01 – RTK.

FONTE: O autor (2015).

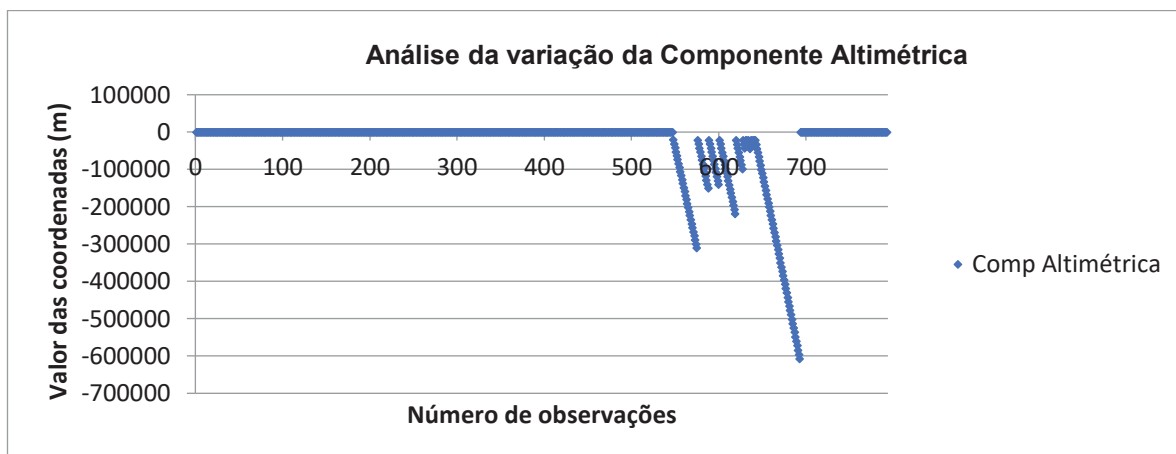


FIGURA 0120 - Análise da variação da Componente Altimétrica do levantamento PE01 – 01 – RTK.
FONTE: O autor (2015).

As precisões da Componente altimétrica variaram entre 0,0121 m e 5,9270 m, enquanto que as precisões das Componentes E e N tiveram variações entre 0,0030 m e 1,4412 m, e 0,0030 m e 1,3982 m, respectivamente (FIGURA 0121).

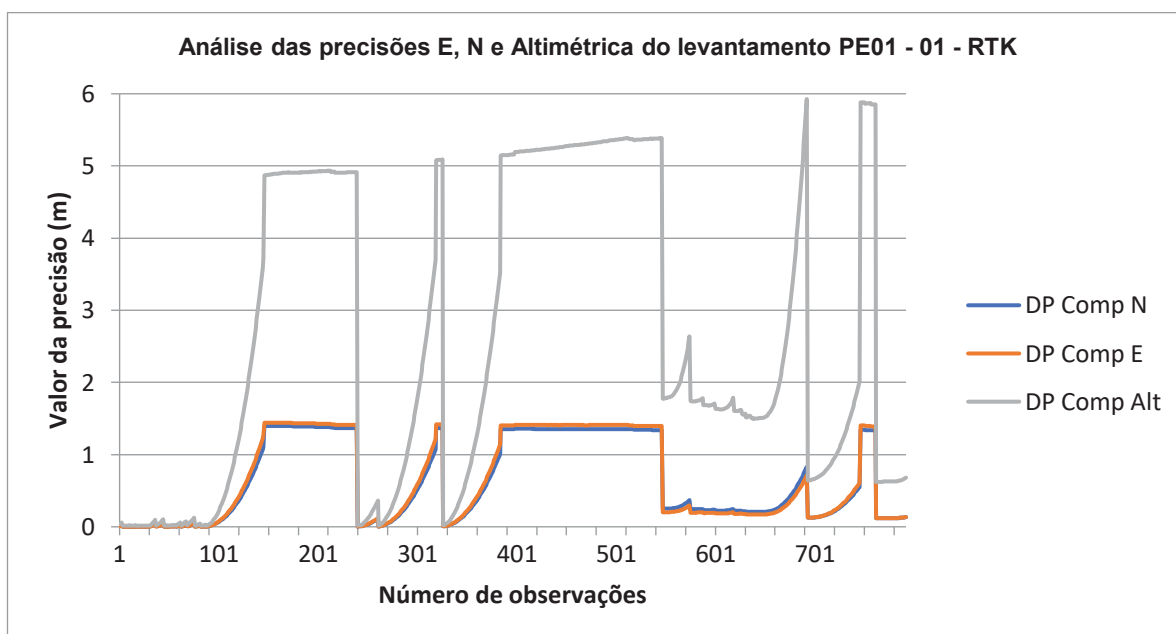


FIGURA 0121 - Análise das precisões E, N e Altimétrica do levantamento PE01 - 01 – RTK.
FONTE: O autor (2015).

Sobre as precisões planimétrica e tridimensional, verificou-se uma variação dos valores entre 0,0043 m e 2,0078 m na primeira, e entre 0,0128 m e 6,1947 m na segunda (FIGURA 0122).

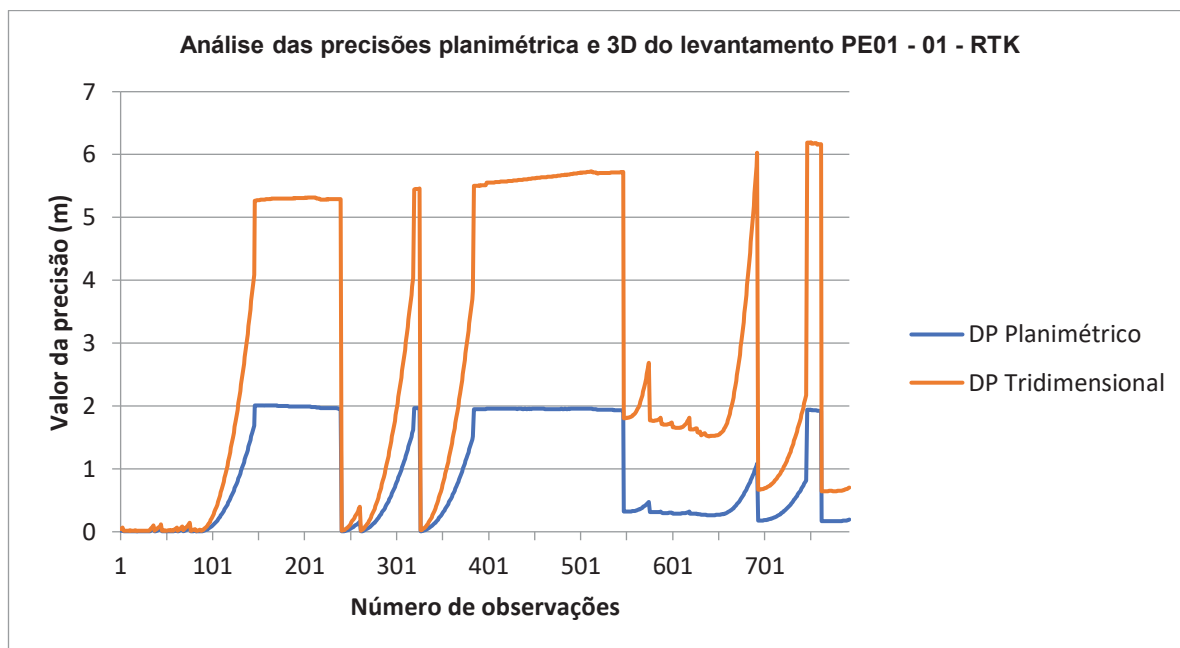


FIGURA 0122 - Análise das precisões planimétrica e tridimensional do levantamento PE01 - 01 – RTK.

FONTE: O autor (2015).

Na análise dos valores dos *DOPs*, verificou-se que entre os segundos 548 e 693 do levantamento em questão, os GDOPs apresentaram-se com valores maiores ou iguais a 7, enquanto que o número de satélites observados diminuiu de 17 para 05 (FIGURA 0123).

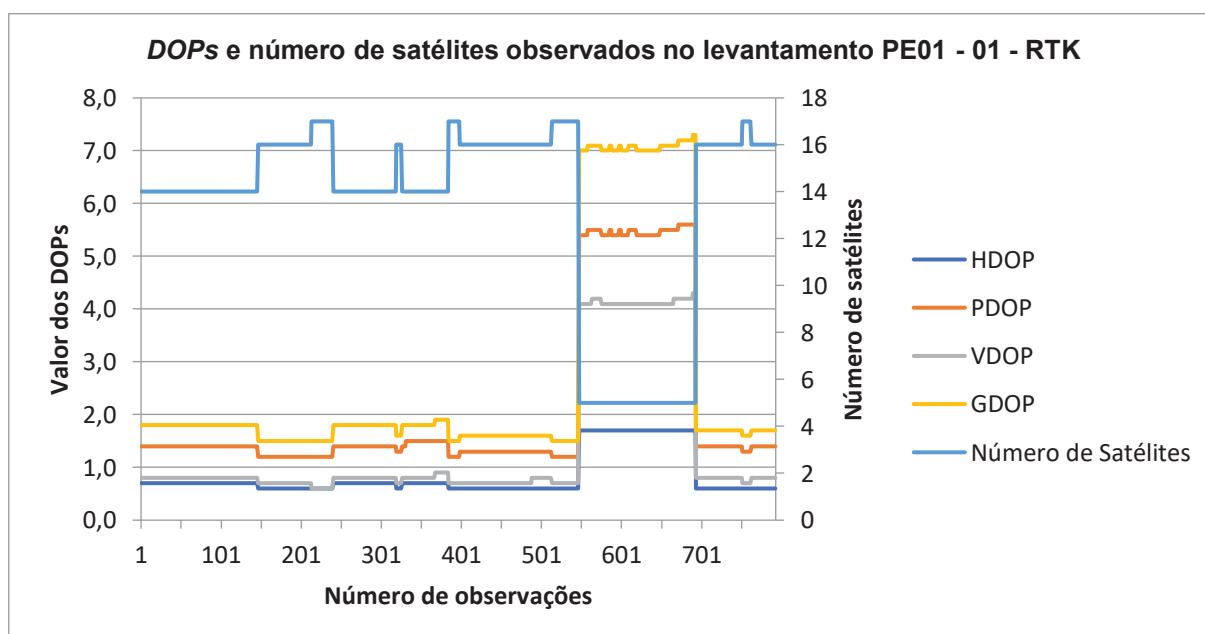


FIGURA 0123 - DOPs e número de satélites observados no levantamento PE01 - 01 – RTK.

FONTE: O autor (2015).

Analisando-se os erros bidimensionalmente, verificou-se que os mesmos ocorreram no sentido sudoeste da posição rastreada, e ainda que tiveram valores superiores a 100.000 m (FIGURA 0124).

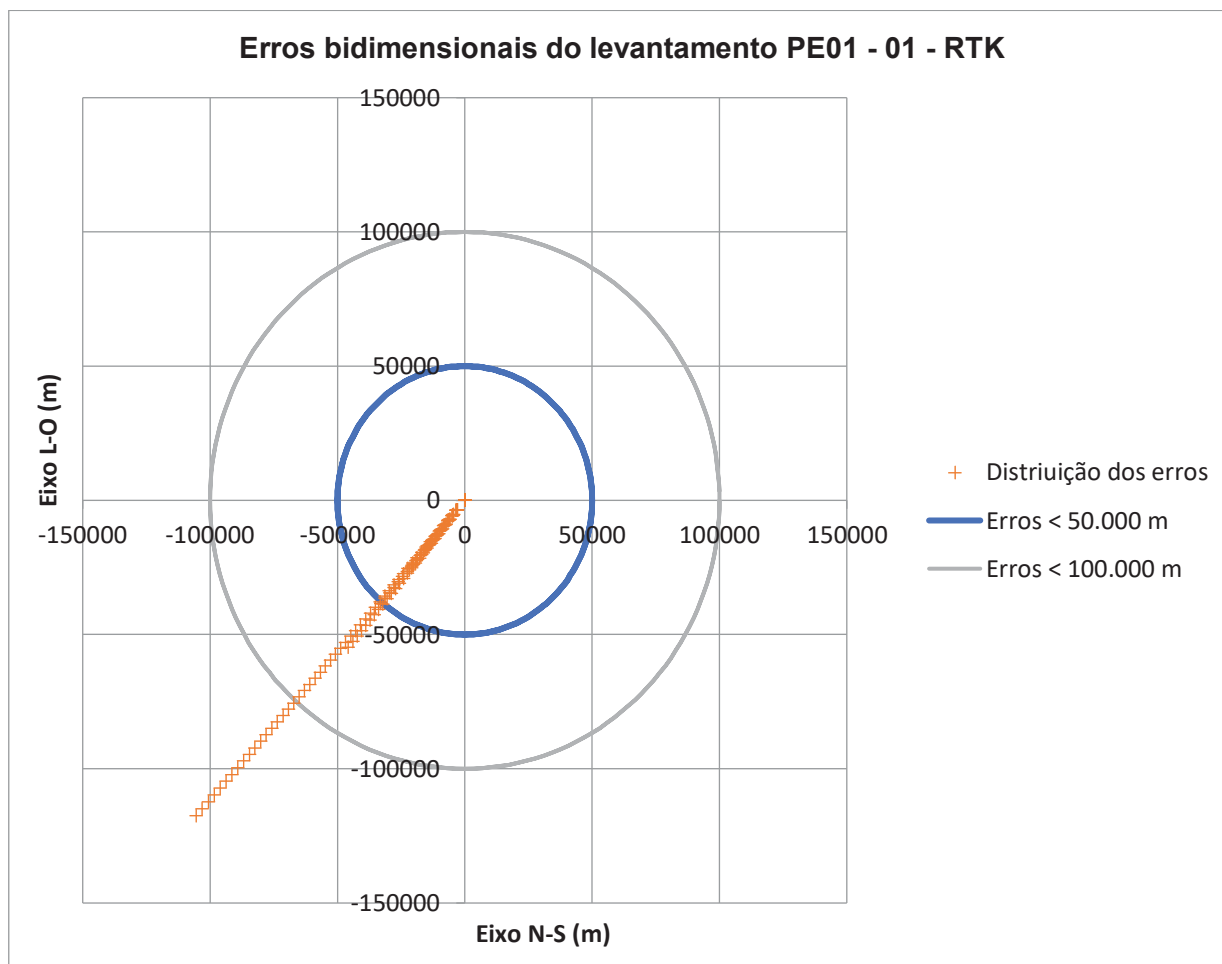


FIGURA 0124 - Erros bidimensionais do levantamento PE01 - 01 – RTK.

FONTE: O autor (2015).

Nas FIGURA 0125, FIGURA 126 e FIGURA 127 pode-se verificar os histogramas e as curvas normais das variáveis aleatórias quantitativas Componente E, Componente N e Componente Altimétrica.

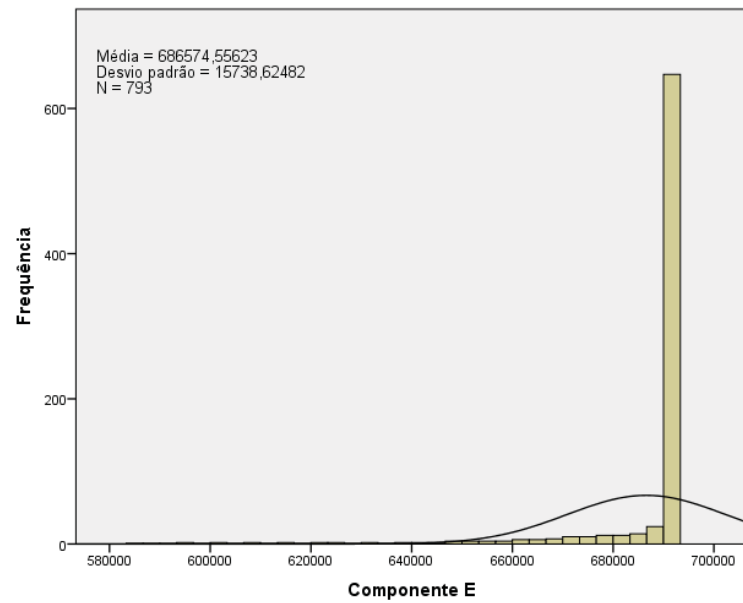


FIGURA 0125 - Histograma e curva normal da Componente E.

FONTE: O autor (2015).

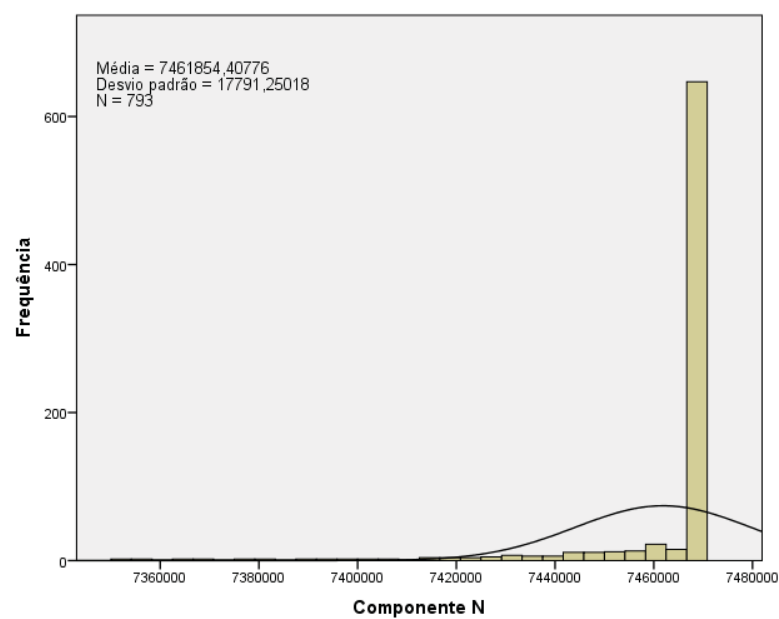


FIGURA 126 - Histograma e curva normal da Componente N.

FONTE: O autor (2015).

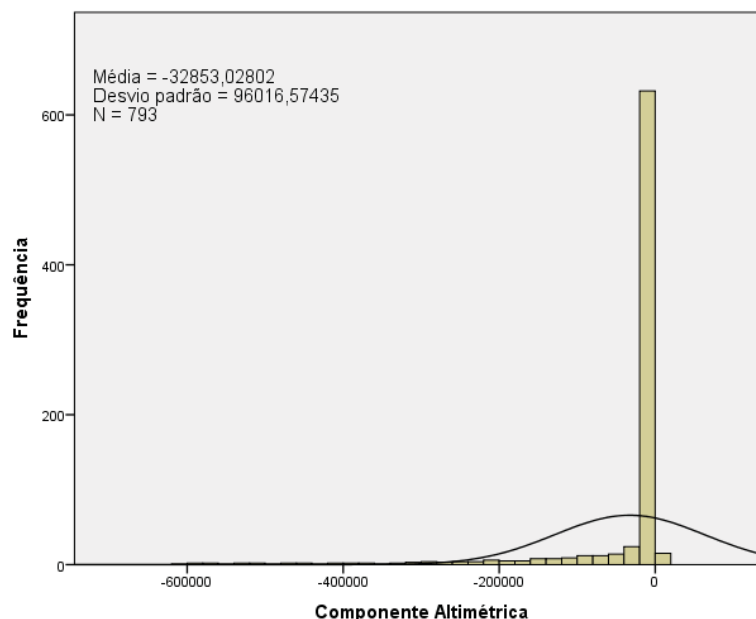


FIGURA 127 - Histograma e curva normal da Componente Altimétrica.

FONTE: O autor (2015).

Analisando visualmente os histogramas e as curvas normais, pode-se perceber que tanto as Componentes E e N, como a Componente Altimétrica, apresentam as funções de distribuição com assimetria negativa.

Para a realização da análise quanto à normalidade das amostras foram utilizados os coeficientes de curtose, os coeficientes de assimetria, o teste de Kolmogorov-Smirnov, o teste de Shapiro-Wilk e as análises visuais dos histogramas e das curvas normais.

Quanto aos coeficientes de curtose, para que as distribuições fossem consideradas normais, os seus valores deveriam ser 0 ou próximo de 0. Analisando as variáveis estudadas (Componente Altimétrica, Componente E e Componente N), nenhuma delas alcançou este quesito.

Quanto aos coeficientes de assimetria, para que as distribuições fossem consideradas normais, os seus valores deveriam ser 0 ou próximo de 0. Analisando as variáveis estudadas (Componente Altimétrica, Componente E e Componente N), nenhuma delas alcançou este quesito.

Os diagramas Q-Q normal das Componentes E, N e Altimétrica podem ser vistos nas FIGURA 128, FIGURA 129 e FIGURA 130.

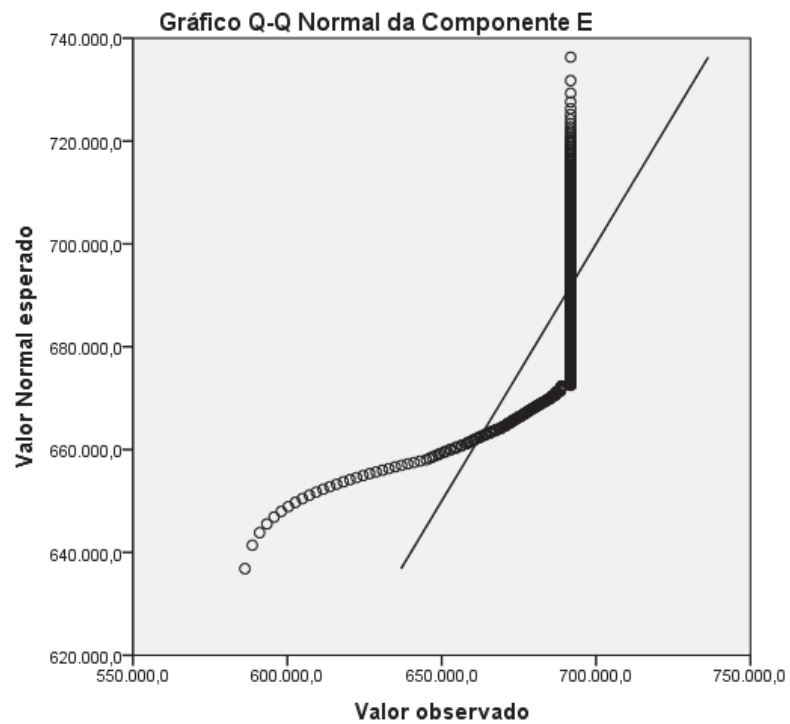


FIGURA 128 – Gráfico Q-Q normal da Componente E.

FONTE: O autor (2015)

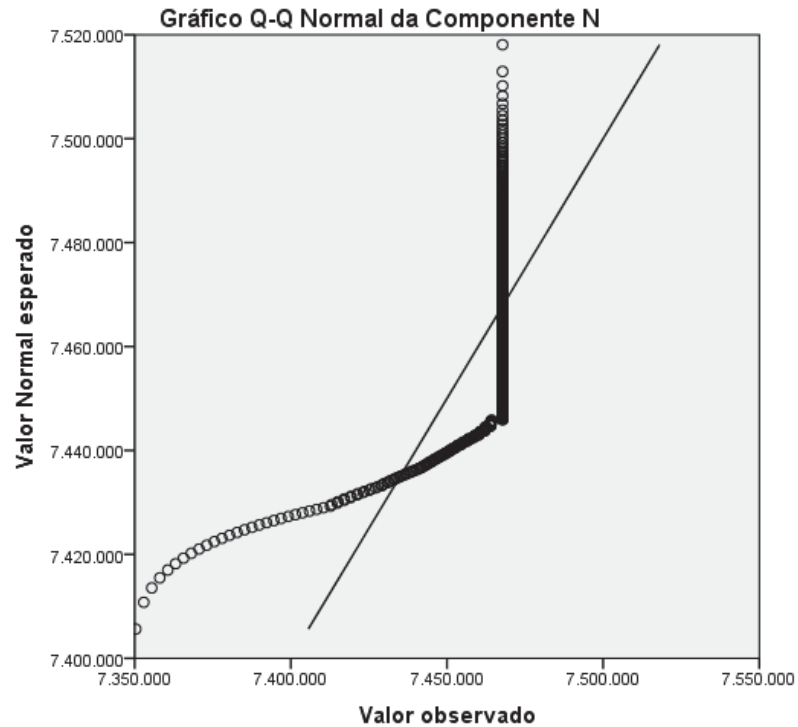


FIGURA 129 – Gráfico Q-Q normal da Componente N.

FONTE: O autor (2015).

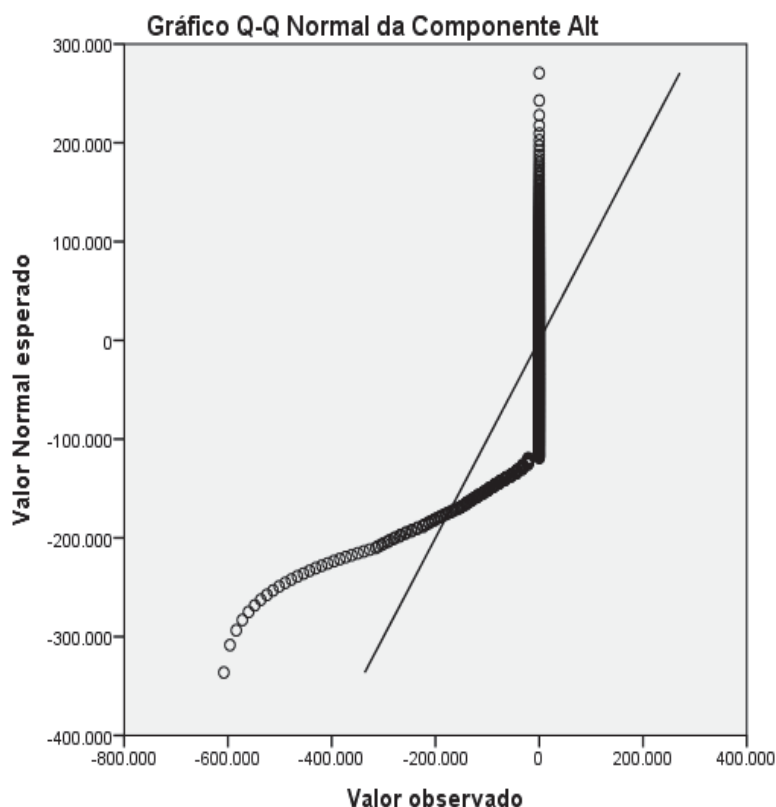


FIGURA 130 – Gráfico Q-Q normal da Componente Altimétrica.

FONTE: O autor (2015).

Em relação ao teste de Kolmogorov-Smirnov e ao teste de Shapiro-Wilk, ambos comparam o score de uma amostra a uma distribuição normal com mesma média e variância encontrada na amostra. Quando o resultado do teste é não-significativo ($p > 0,05$), os dados não diferem significativamente de uma distribuição normal. Quando o resultado do teste é significativo ($p < 0,05$), os dados diferem da distribuição normal.

Para a verificação da normalidade ou não normalidade das variáveis em questão foram utilizados os testes de normalidade de Smirnov-Kolmogorov e de Shapiro-Wilk para as seguintes hipóteses:

-Componente E:

H0: A distribuição da Componente E é normal com média 686.574,5562 m e desvio padrão 15.738,6248 m.

H1: A distribuição da Componente E não é normal com média 686.574,5562 m e desvio padrão 15.738,6248 m.

-Componente N:

H0: A distribuição da Componente N é normal com média 7.461.854,4078 m e desvio padrão 17.797,2502 m.

H1: A distribuição da Componente N não é normal com média 7.461.854,4078 m e desvio padrão 17.797,2502 m.

-Componente Altimétrica:

H0: A distribuição da Componente Altimétrica é normal com média - 32.853,0280 m e desvio padrão 96016,5743 m.

H1: A distribuição da Componente Altimétrica não é normal com média - 32.853,0280 m e desvio padrão 96.016,5743 m.

Os resultados dos testes de normalidade realizados são apresentados na TABELA 0165.

TABELA 0165 - Testes de normalidade.

Testes de Normalidade				
	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estatística	Significância	Estatística	Significância
Componente E	0,4447	0,0000	0,3787	0,0000
Componente N	0,4464	0,0000	0,3848	0,0000
Componente Altimétrica	0,4498	0,0000	0,3965	0,0000

FONTE: O autor (2015).

Tanto o teste de Shapiro-Wilk quanto o teste de Kolmogorov-Smirnov apresentaram os *p-value* de todas as variáveis analisadas iguais a 0 (resultado significativo) ($p < 0,05$), e portanto diferentes da normal.

A análise visual dos gráficos corrobora os resultados dos testes realizados anteriormente, indicando que as variáveis analisadas não apresentam distribuição normal.

A utilização de testes paramétricos como testes de hipóteses exige dados normalmente distribuídos, homogeneidade de variância, dados por intervalo e independência. Os dados distribuídos normalmente podem ser representados pela

curva normal, possuem sua média, mediana e moda iguais, e são simétricos em torno da sua média.

As alternativas quando os dados não apresentam distribuição normal são a realização de testes não paramétricos, a realização da transformação destes dados, ou a detecção e eliminação dos *outliers* e dos *extreme values*.

A detecção dos *outliers* e dos *extreme values* das variáveis aleatórias foi realizada através da utilização do diagrama de caixas e bigodes, também conhecido como *box-and-whisker diagram* (FIGURA 131, FIGURA 132, e FIGURA 133). O boxplot aparece como uma linha, pois o LI, o Q1, a mediana, o Q3 e o LS estão muito próximos entre si, devido à existência de grande quantidade de *outliers* e *extremes values* na amostra analisada.

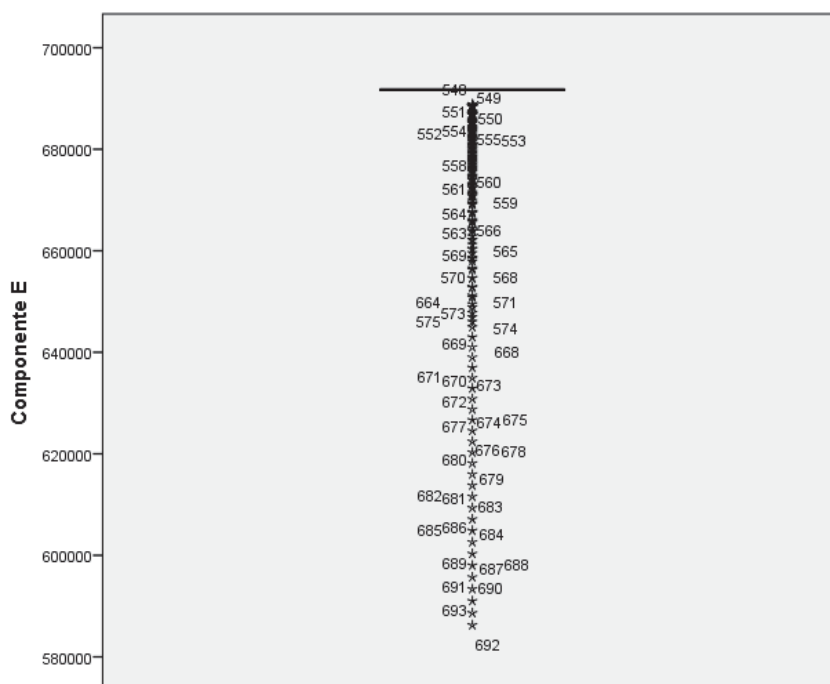


FIGURA 131 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente E.

FONTE: O autor (2015).

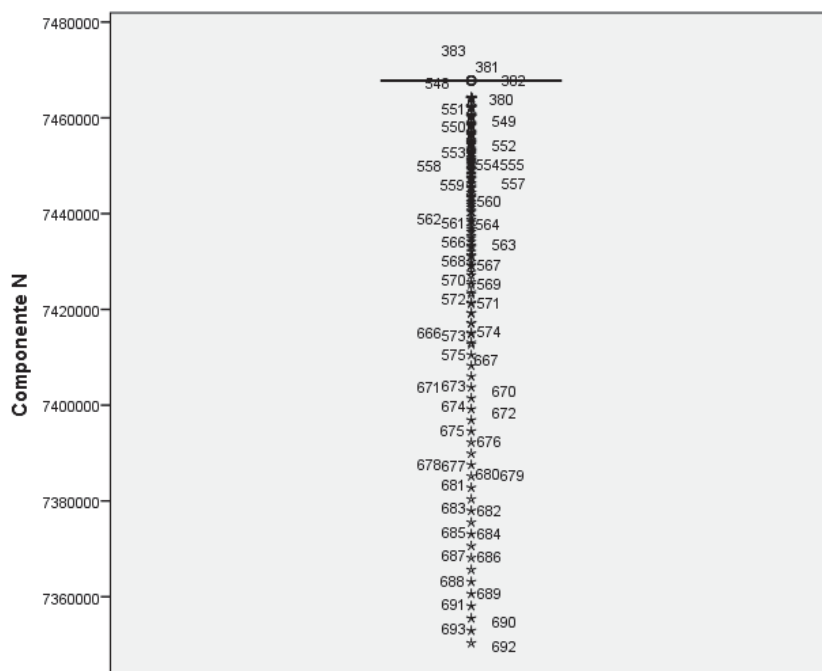


FIGURA 132 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente N.

FONTE: O autor (2015).

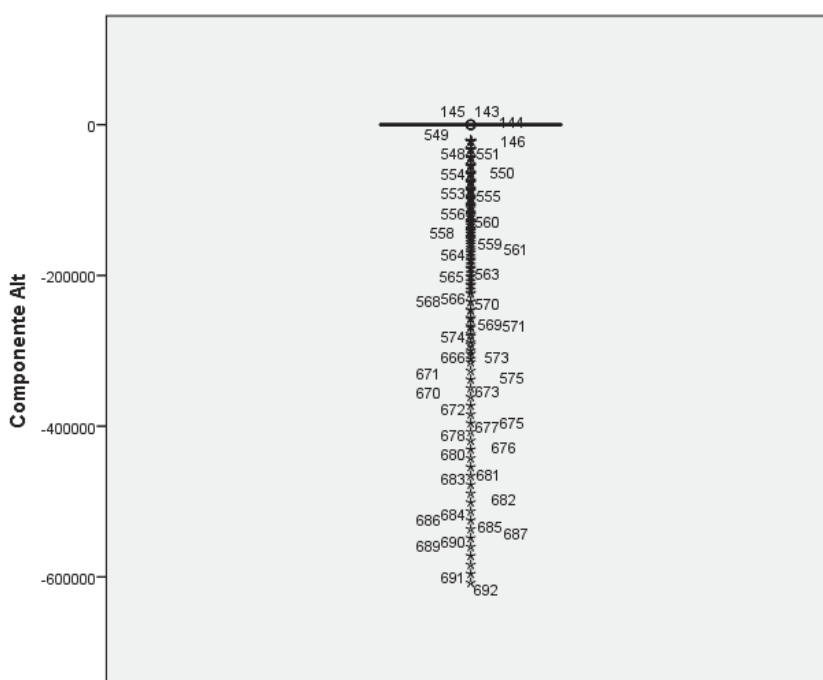


FIGURA 133 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente Altimétrica.

FONTE: O autor (2015).

Após a eliminação dos *outliers* e dos *extreme values* detectados nos gráficos anteriores, foram gerados novos gráficos para visualização da permanência ou não desses valores na amostra (FIGURA 134, FIGURA 135 e FIGURA 136). Observou-se

ainda uma diminuição na amplitude existente nos dados, além de uma aproximação entre as médias das amostras e as médias padrão, por parte das 03 coordenadas.

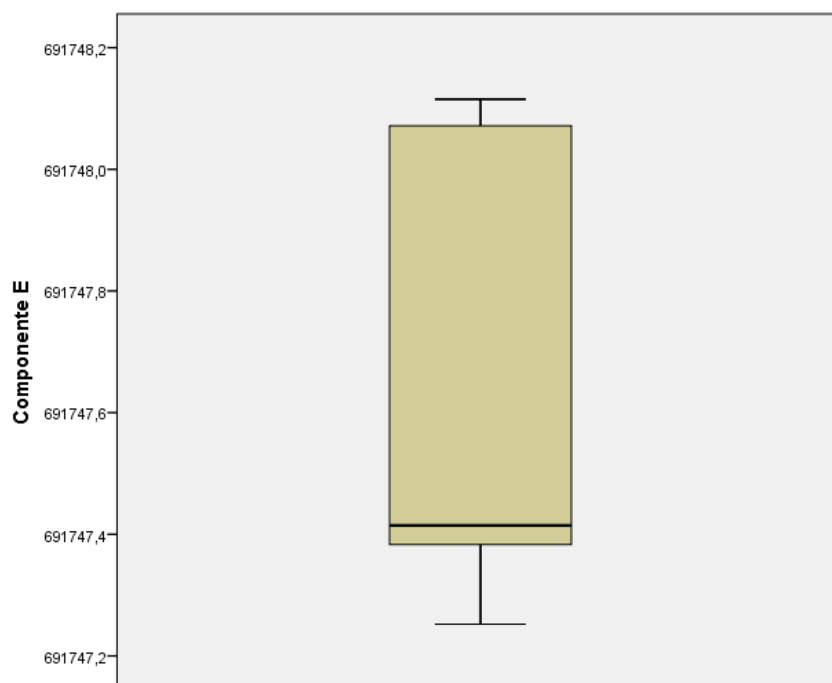


FIGURA 134 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente E após filtragem.

FONTE: O autor (2015).

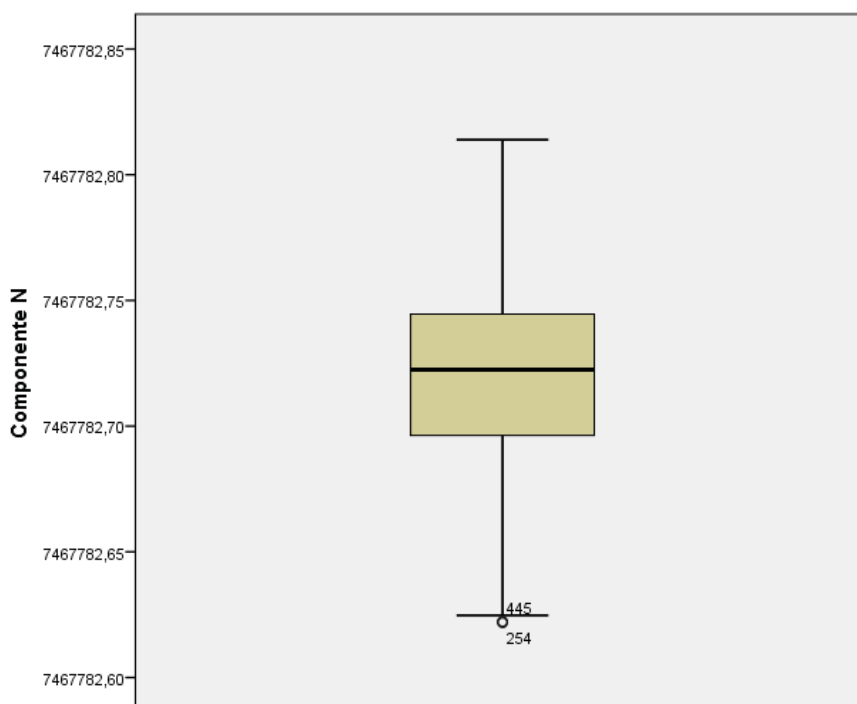


FIGURA 135 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente N após filtragem.

FONTE: O autor (2015).

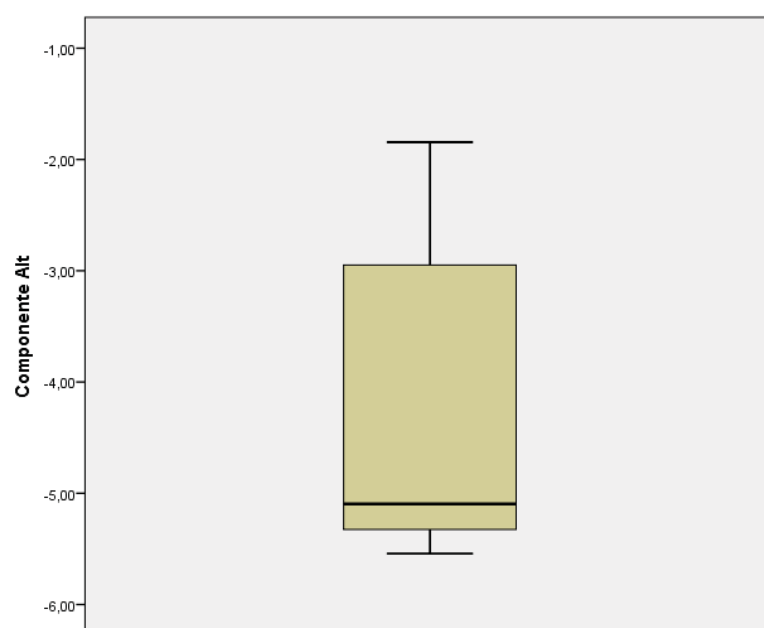


FIGURA 136 - Diagrama de caixa e bigodes da Componente Altimétrica após filtragem.

FONTE: O autor (2015).

A estatística descritiva das variáveis aleatórias quantitativas Componente E, Componente N e Componente Altimétrica após a realização da filtragem podem ser verificadas na TABELA 166.

TABELA 166 – Estatística descritiva do levantamento PE01 – 01 – RTK após a filtragem.

Estatística Descritiva do levantamento PE01 - 01 - RTK após filtragem				
	Comp E	Comp N	Comp Alt	Unidades
Média amostral	691747,6677	7467782,7185	-4,3013	m
Moda	691748,0785	7467782,7248	-5,5203	m
Mediana	691747,4147	7467782,7225	-5,0965	m
Valor mínimo da amostra	691747,2522	7467782,6218	-5,5416	m
Valor máximo da amostra	691748,1152	7467782,8139	-1,8446	m
Amplitude (variação)	0,8630	0,1921	3,6970	m
Variância	0,1092	0,0013	1,3442	m ²
Desvio Padrao	0,3304	0,0356	1,1594	m
Coeficiente de Variação de Pearson (CV)	0,0000	0,0000	-0,2695	-
Desvio amostral médio	0,0000	0,0000	0,0000	m
Desvio amostral absoluto médio	0,3222	0,0285	1,1172	m
Desvio amostral quadrático médio	0,1089	0,0013	1,3415	m ²
Erro médio	-0,4023	-0,0355	-1,1217	m
Erro absoluto médio	0,4075	0,0398	1,3430	m
Erro quadrático médio	0,2708	0,0025	2,5998	m ²
N da amostra	492	492	492	-
Erro padrão	0,0149	0,0016	0,0523	m
Coeficiente de assimetria	0,3139	-0,4917	0,3642	-
Erro de assimetria padrão	0,1101	0,1101	0,1101	m
Coeficiente de curtose	-1,8220	0,0029	-1,6775	-
Erro de Curtose padrão	0,2198	0,2198	0,2198	m
1º Quartil	691747,3830	7467782,6963	-5,3261	m
3º Quartil	691748,0718	7467782,7446	-2,9484	m

FONTE: O autor (2015).

Os Coeficientes de Variação de Pearson (CV) das variáveis aleatórias quantitativas avaliadas apresentaram melhora em seus valores após a filtragem, sendo as Componentes E e N as coordenadas mais precisas dentre as 03 analisadas (0%), seguidas pela Componente Altimétrica (-26,9542%) (TABELA 0167).

TABELA 0167 - Coeficiente de Variação de Pearson (CV) da amostra após a filtragem.

Coeficiente de variação de Pearson (CV)	
Variável	Valor
Componente Altimétrica	-26,9542%
Componente E	0%
Componente N	0%

FONTE: O autor (2015).

A análise das distâncias interquartílicas (Q3-Q1) mostra que houve diminuição nos valores deste parâmetro em relação a 02 das 03 coordenadas em questão (Componente N e Componente Altimétrica) (TABELA 168).

TABELA 168 - Distância interquartílica (Q3-Q1).

Distância interquartílica (Q3-Q1)	
Variável	Valor (m)
Componente Altimétrica	2,3778
Componente E	0,6888
Componente N	0,0483

FONTE: O autor (2015).

Das 793 observações iniciais realizadas durante o levantamento em avaliação, resultaram 492, sendo 152 com soluções fase e 340 com soluções código (FIGURA 137).

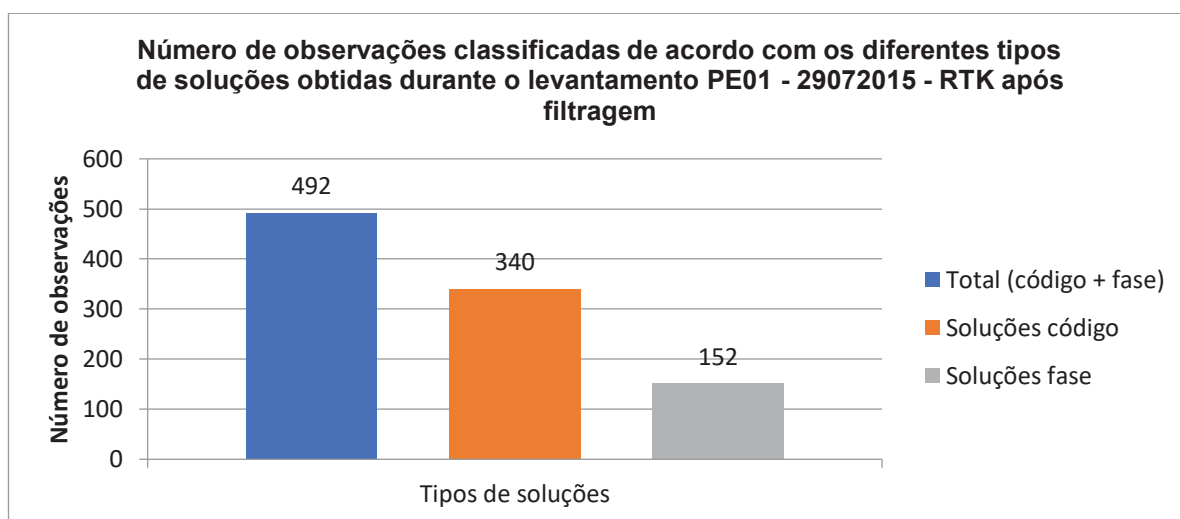


FIGURA 137 - Número de observações classificadas de acordo com os diferentes tipos de soluções obtidas durante o levantamento PE01 - 01 – RTK após filtragem.

FONTE: O autor (2015).

Com a eliminação das observações consideradas discrepantes ou extremas na análise estatística, as coordenadas planimétricas (Componentes E e N) e altimétrica tiveram um comportamento diferenciado ao apresentado anteriormente, com variações menores, entre 0,1921 m e 3,6970 m (FIGURA 138, FIGURA 139 e FIGURA 140).

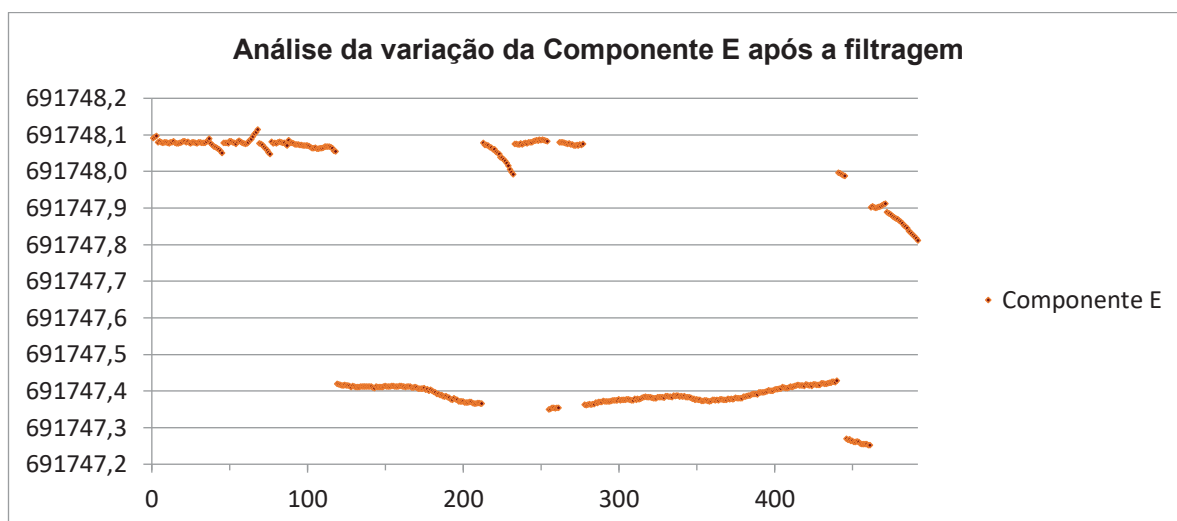


FIGURA 138 - Análise da variação da Componente E do levantamento PE01 – 01 – RTK após a filtragem.

FONTE: O autor (2015).

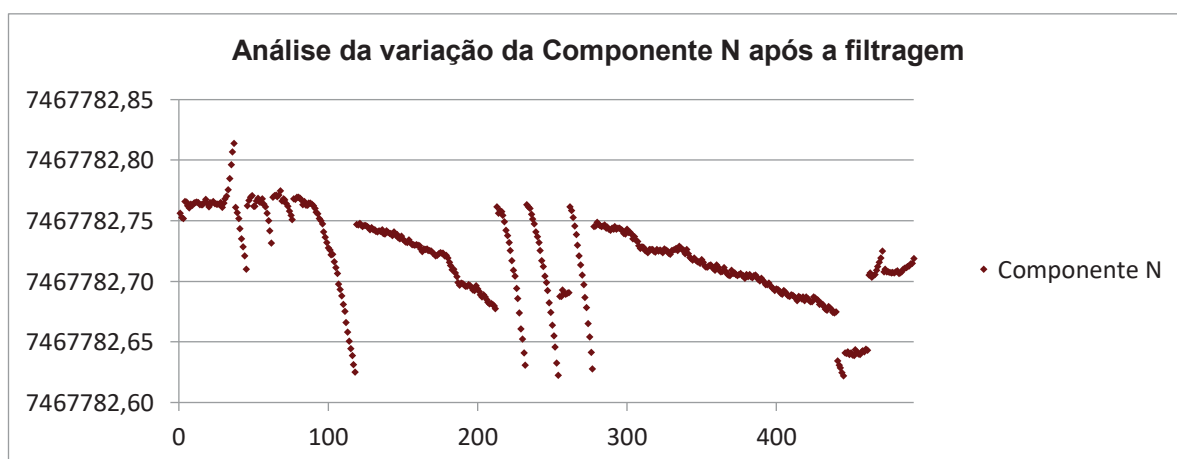


FIGURA 139 - Análise da variação da Componente N do levantamento PE01 – 01 – RTK após a filtragem.

FONTE: O autor (2015).

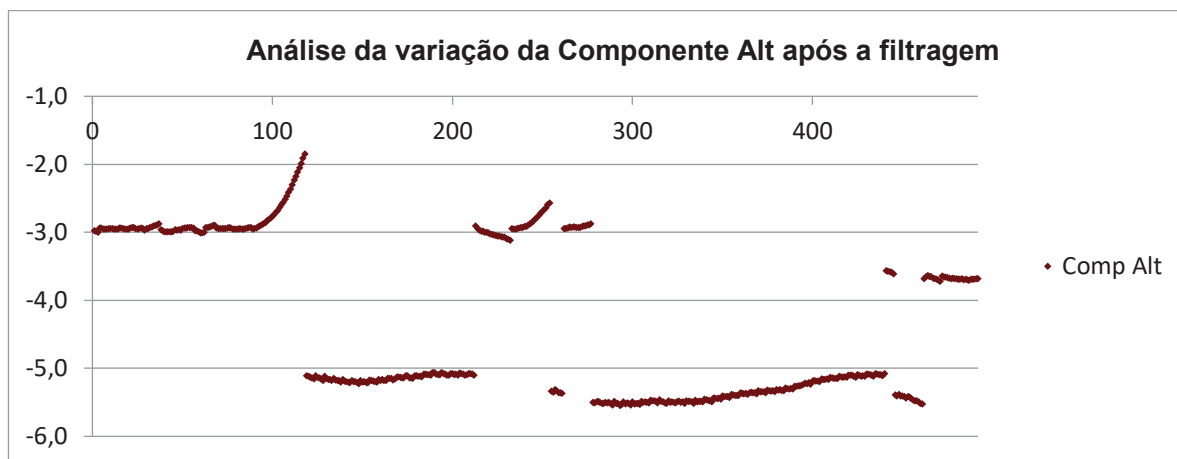


FIGURA 140 - Análise da variação da Componente Alt do levantamento PE01 – 01 – RTK após a filtragem.

FONTE: O autor (2015).

Na análise dos valores dos *DOPs* após a filtragem, verificou-se que os GDOPs apresentaram-se com valores máximos iguais a 1,9, enquanto que o número de satélites observados manteve-se entre 14 e 17 (FIGURA 141).

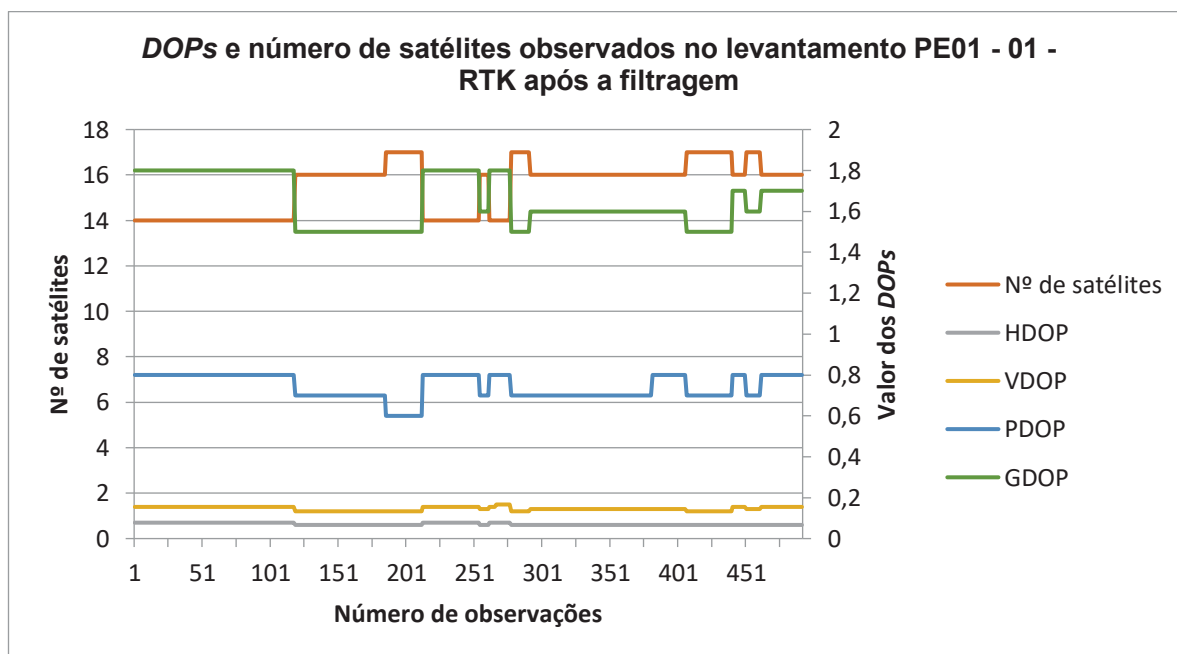


FIGURA 141 – DOPs e número de satélites observados no levantamento PE01 - 01– RTK após a filtragem.

FONTE: O autor (2015).

Analisando-se os erros bidimensionalmente, verificou-se que os mesmos ocorreram no sentido oeste da posição rastreada, e ainda que tiveram valores inferiores a 0,9 m (FIGURA 142).

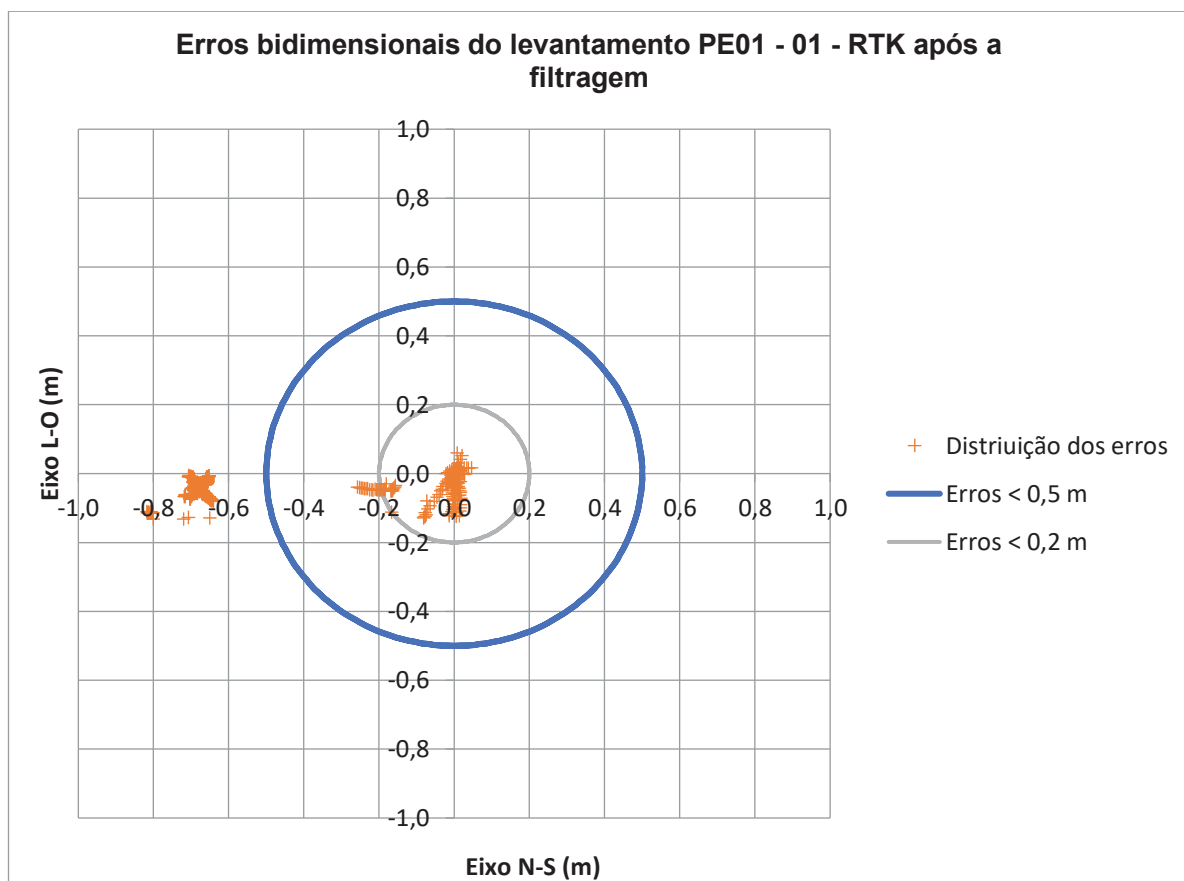


FIGURA 142 – Erros bidimensionais do levantamento PE01 – 01 – RTK após a filtragem.

FONTE: O autor (2015).

Os resultados dos testes de normalidade realizados para as novas amostras (N=492) são apresentados na TABELA 169.

TABELA 169 – Testes de normalidade após a realização da filtragem.

	Testes de Normalidade			
	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estatística	Significância	Estatística	Significância
Componente E	0,3348	0,0000	0,7254	0,0000
Componente N	0,0570	0,0006	0,9691	0,0000
Componente Altimétrica	0,3130	0,0000	0,7805	0,0000

FONTE: O autor (2015).

Nas FIGURA 143, FIGURA 144 e FIGURA 145, pode-se verificar os histogramas e as curvas normais das variáveis aleatórias quantitativas Componente E, Componente N e Componente Altimétrica após a realização da filtragem pelos diagramas de caixa e bigodes.

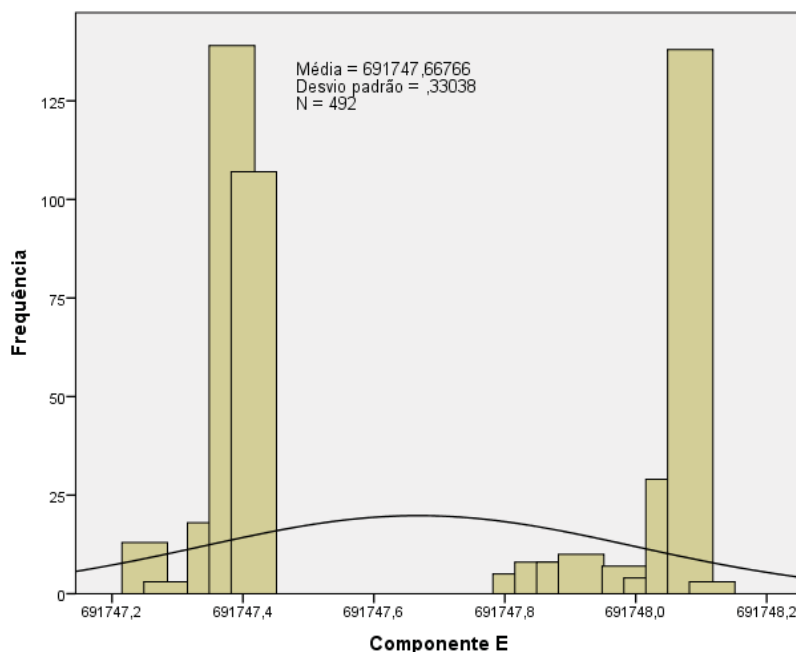


FIGURA 143 - Histograma e curva normal da Componente E após realização da filtragem.

FONTE: O autor (2015).

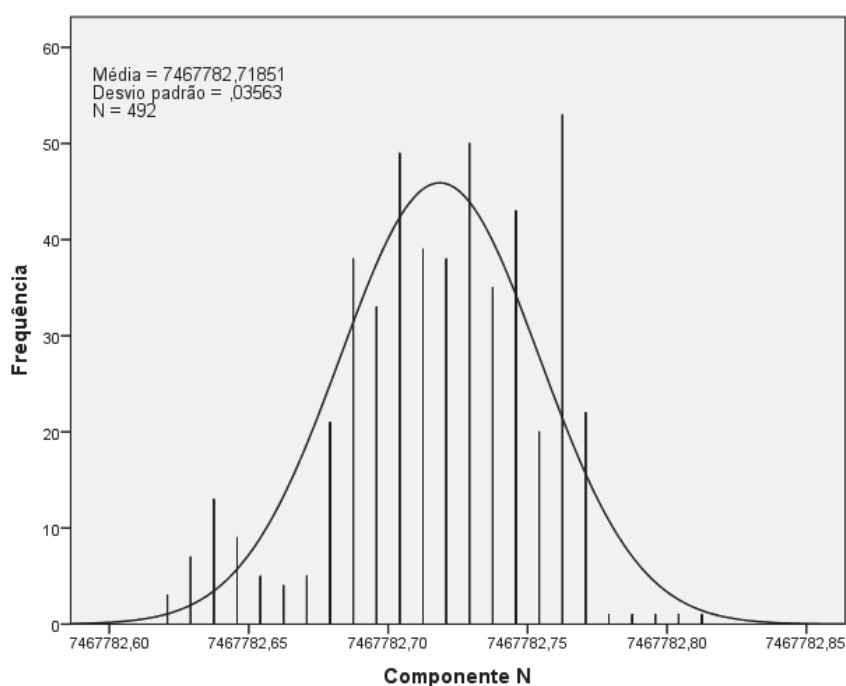


FIGURA 144 - Histograma e curva normal da Componente N após realização da filtragem.

FONTE: O autor (2015).

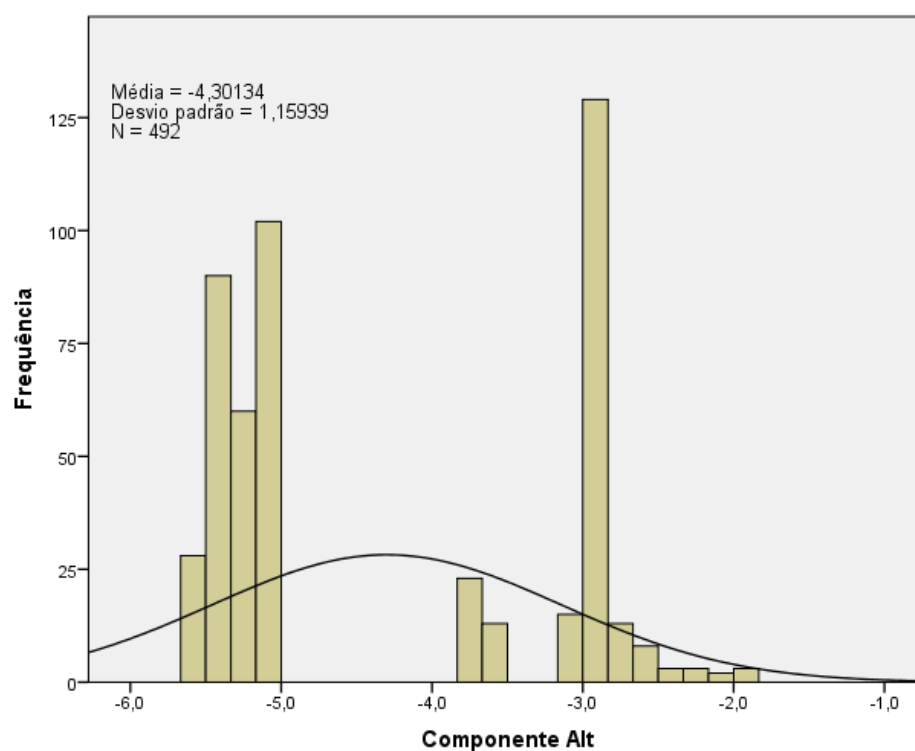


FIGURA 145 - Histograma e curva normal da Componente Alt após realização da filtragem.

FONTE: O autor (2015).

Os diagramas Q-Q normal das Componentes E, N e Altimétrica após a realização da filtragem, que indicam os valores esperados das variáveis em questão quando de sua distribuição normal e dos valores realmente observados, podem ser vistos nas FIGURA 146, FIGURA 147 e FIGURA 148.

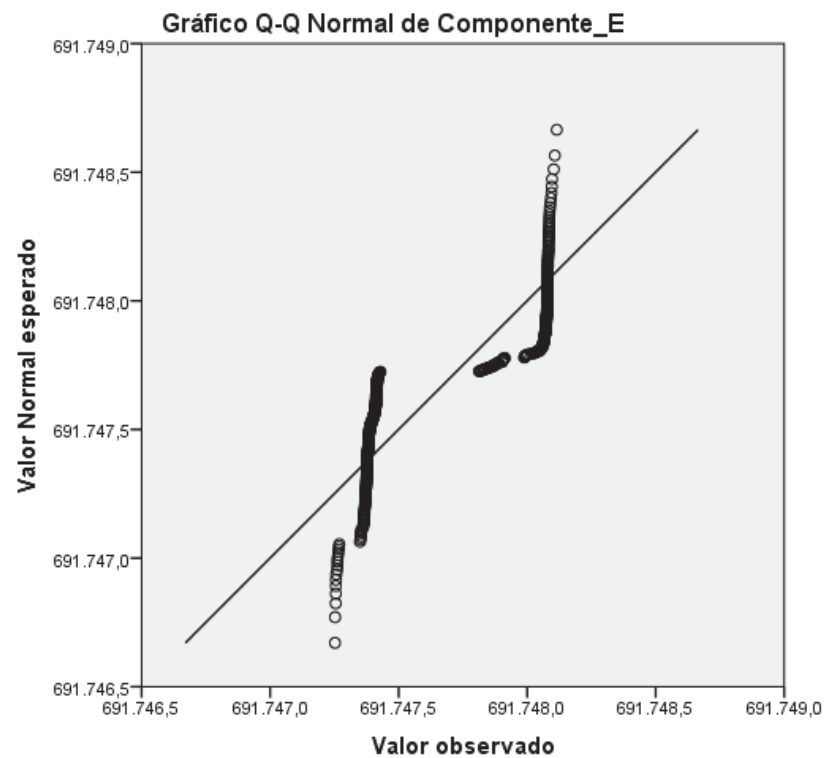


FIGURA 146 – Gráfico Q-Q Normal da Componente E após filtragem .
 FONTE: O autor (2015).

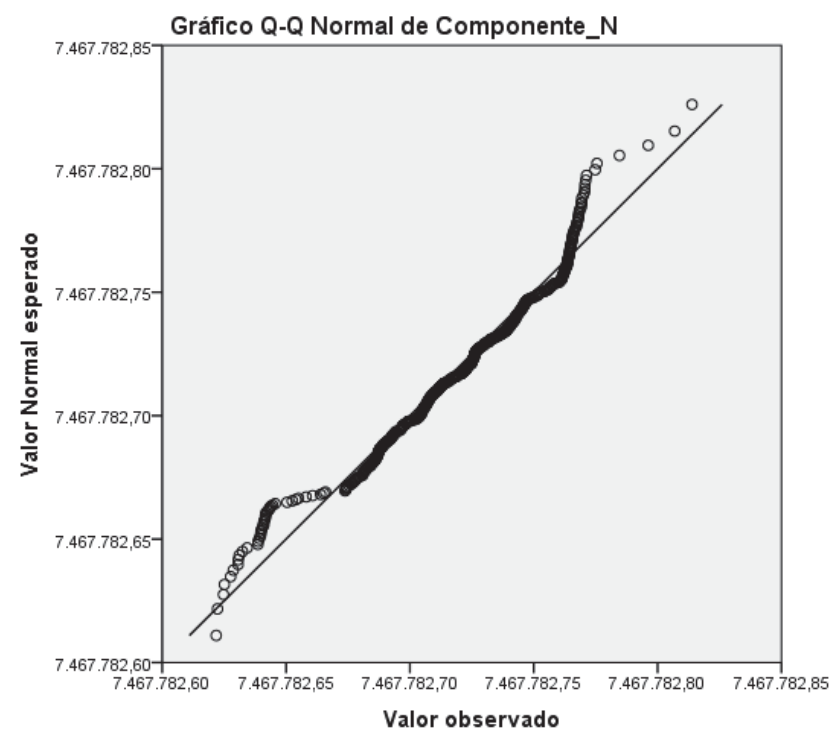


FIGURA 147 – Gráfico Q-Q Normal da Componente N após filtragem .
 FONTE: O autor (2015).

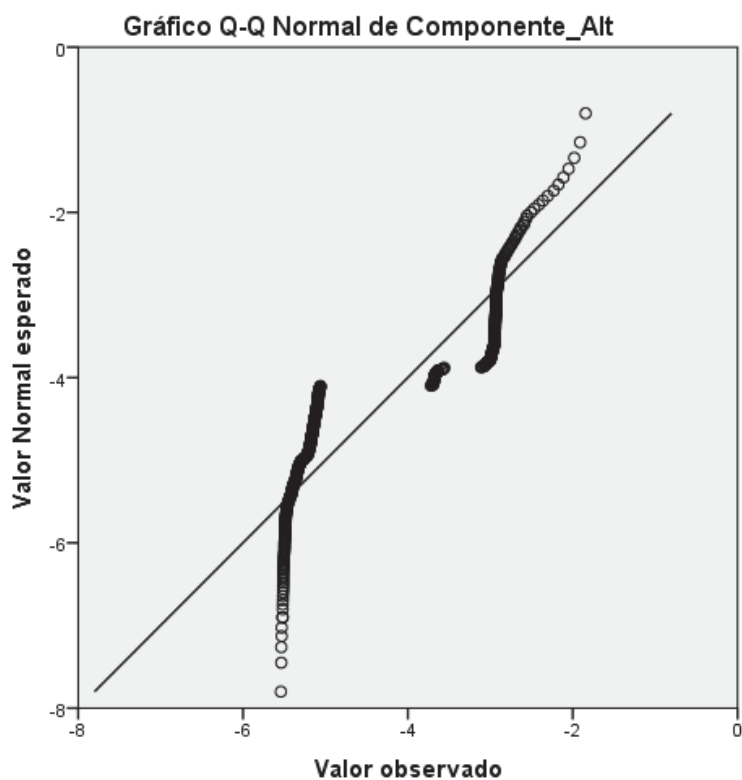


FIGURA 148 – Gráfico Q-Q Normal da Componente Alt após filtragem .

FONTE: O autor (2015).

B.2 Análise estatística do levantamento PE01 – 01 – RTK com as soluções fase

O levantamento PE01 – 01 – RTK com as soluções fase possui um tamanho amostral de 152 observações (aproximadamente 2,5 minutos, com a taxa de observação configurada). A estatística descritiva das variáveis aleatórias quantitativas Componente E, Componente N e Componente Altimétrica podem ser verificadas na TABELA 170.

TABELA 170 – Estatística descritiva do levantamento PE01 – 01 – RTK fase.

Estatística Descritiva do levantamento PE01 - 01 - RTK fase				
	Comp E	Comp N	Comp Alt	Unidades
Média amostral	691748,0737	7467782,7472	-2,9371	m
Moda	691748,0785	7467782,7639	-2,9822	m
Mediana	691748,0776	7467782,7608	-2,9406	m
Valor mínimo da amostra	691747,9991	7467782,6410	-3,1016	m
Valor máximo da amostra	691748,1152	7467782,8139	-2,6744	m
Amplitude (variação)	0,1161	0,1729	0,4272	m
Variância	0,0002	0,0009	0,0039	m ²
Desvio Padrão	0,0155	0,0305	0,0624	m
Coefficiente de Variação de Pearson (CV)	0%	0%	-2,1251%	-
Desvio amostral médio	0,0000	0,0000	0,0000	m
Desvio amostral absoluto médio	0,0095	0,0228	0,0390	m
Desvio amostral quadrático médio	0,0002	0,0009	0,0039	m ²
Erro médio	0,0037	-0,0068	0,2425	m
Erro absoluto médio	0,0114	0,0209	0,2425	m
Erro quadrático médio	0,0003	0,0010	0,0627	m ²
N da amostra	152	152	152	-
Erro padrão	0,0013	0,0025	0,0051	m
Coefficiente de assimetria	-2,1112	-1,5139	1,0319	-
Erro de assimetria padrão	0,1968	0,1968	0,1968	m
Coefficiente de curtose	7,3148	2,4330	4,0179	-
Erro de Curtose padrão	0,3911	0,3911	0,3911	m
1º Quartil	691748,0719	7467782,7355	-2,9588	m
3º Quartil	691748,0800	7467782,7652	-2,9235	m

FONTE: O autor (2015).

O desvio padrão variou entre 0,0155m e 0,0624 m, enquanto que o valor esperado para a amostra em questão, baseado em literatura existente, é de aproximadamente 0,1 m. Os índices de curtose para as 03 variáveis aleatórias quantitativas referentes às coordenadas foram $\geq 2,4330$, caracterizando distribuições leptocúrticas. Os coeficientes de assimetria variaram entre -2,1112 m e 1,0319 m.

A análise das distâncias interquartílicas (Q3-Q1) mostra que a variação dos valores deste parâmetro em relação às coordenadas em questão (Componente N e Componente Altimétrica) foi de 0,0081 m a 0,0353 m (TABELA 171).

TABELA 171 - Distância interquartílica (Q3-Q1).

Distância interquartílica (Q3-Q1)	
Variável	Valor (m)
Componente Altimétrica	0,0353
Componente E	0,0081
Componente N	0,0297

FONTE: O autor (2015).

As coordenadas planimétricas e altimétrica tiveram variações entre 0,1161 m e 0,4272 m (FIGURA 149, FIGURA 150 e FIGURA 151).

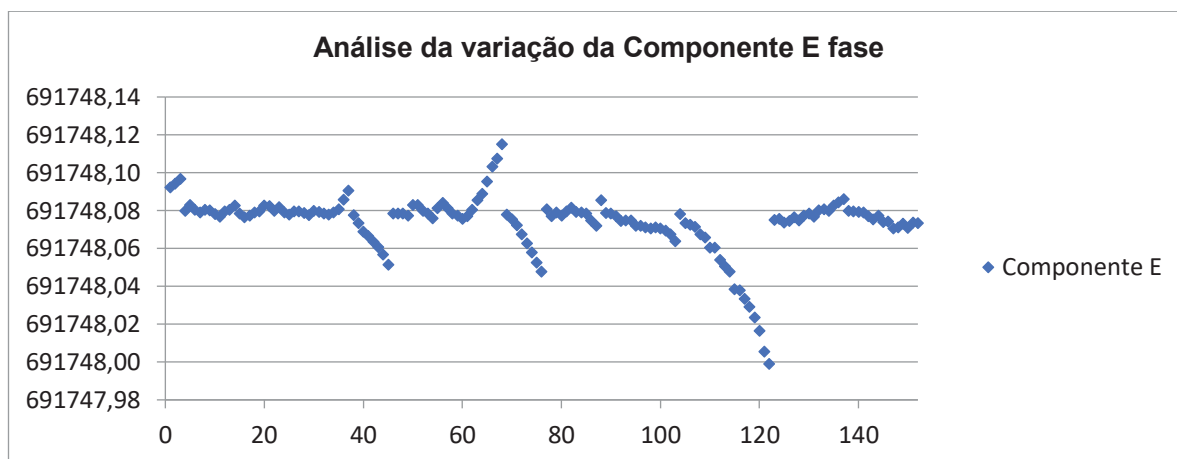


FIGURA 149 - Análise da variação da Componente E fase.

FONTE: O autor (2015).

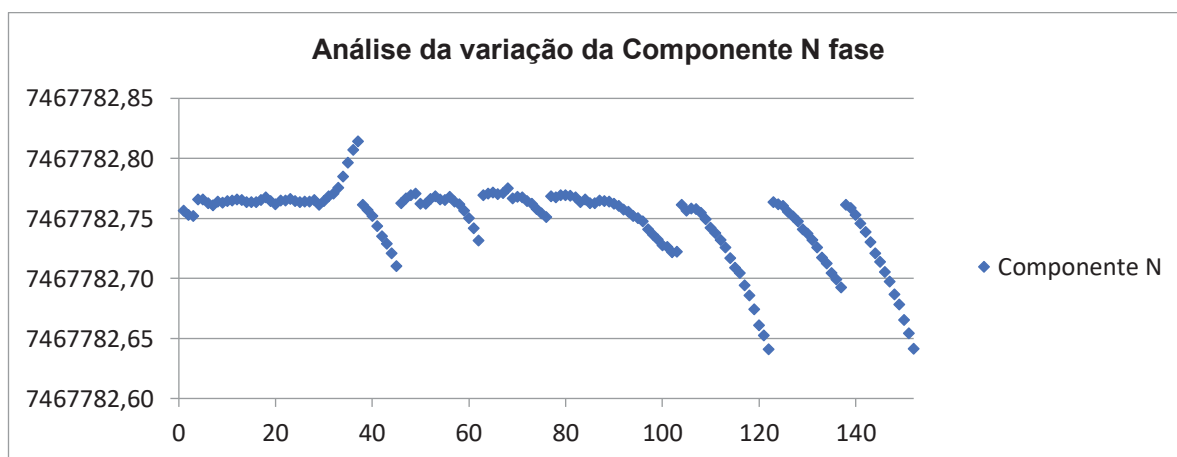


FIGURA 150 - Análise da variação da Componente N fase.

FONTE: O autor (2015).

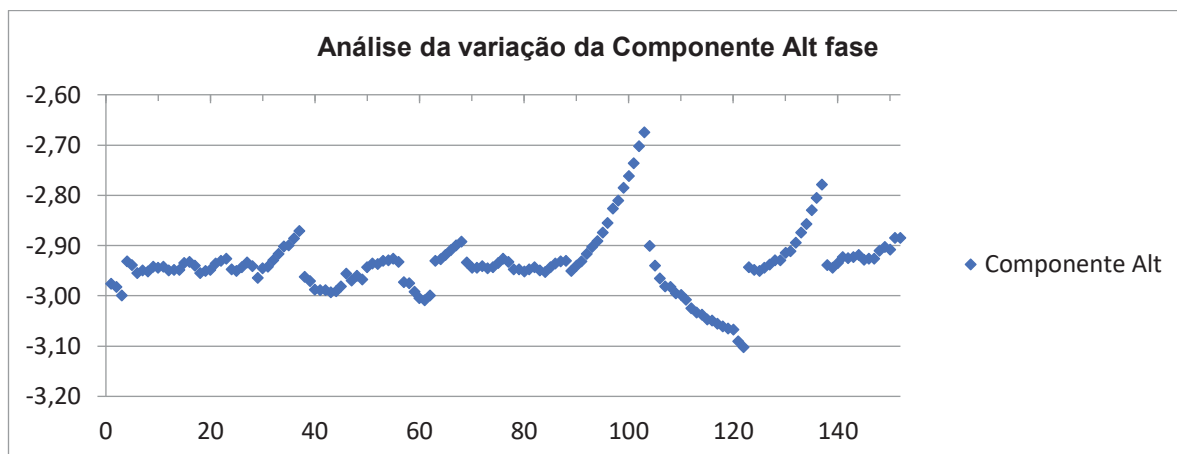


FIGURA 151 - Análise da variação da Componente Alt fase.

FONTE: O autor (2015).

Analisando-se os valores dos *DOPs*, verificou-se que os GDOPs apresentaram-se com valores máximos iguais a 1,8, enquanto que o número de satélites observados manteve-se em 14 (FIGURA 152).

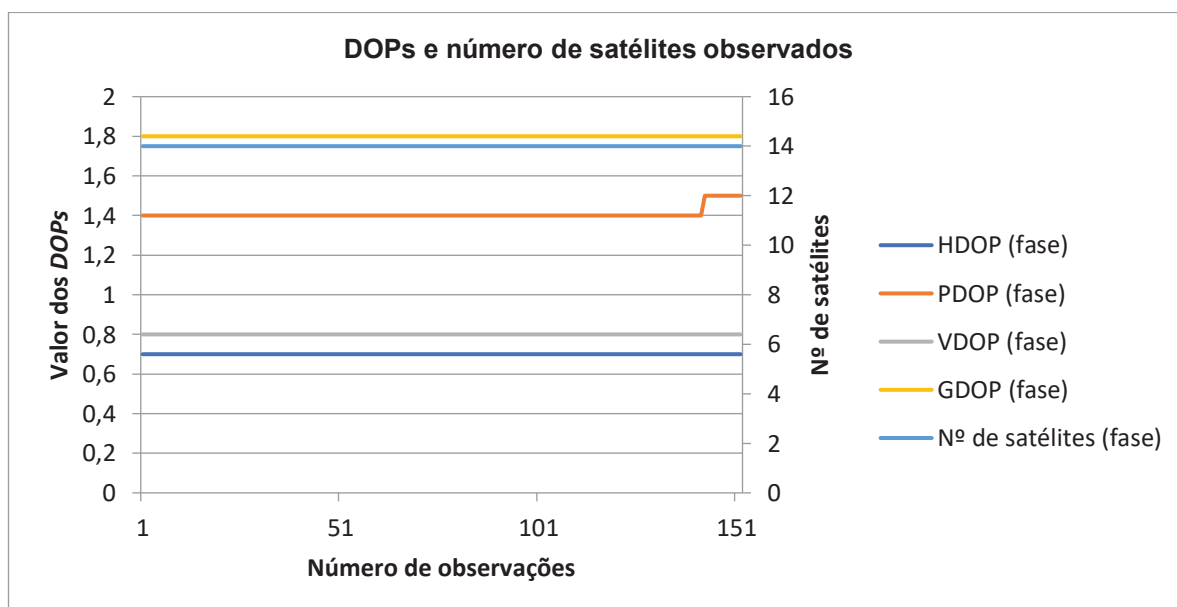


FIGURA 152 – DOPs e número de satélites observados no levantamento PE01 – 01 – RTK fase.

FONTE: O autor (2015).

Analisando-se os erros bidimensionalmente, verificou-se que os mesmos ocorreram no sentido nordeste-sudoeste, e tiveram maior concentração dentro de uma circunferência de raio 0,9 m (FIGURA 153).

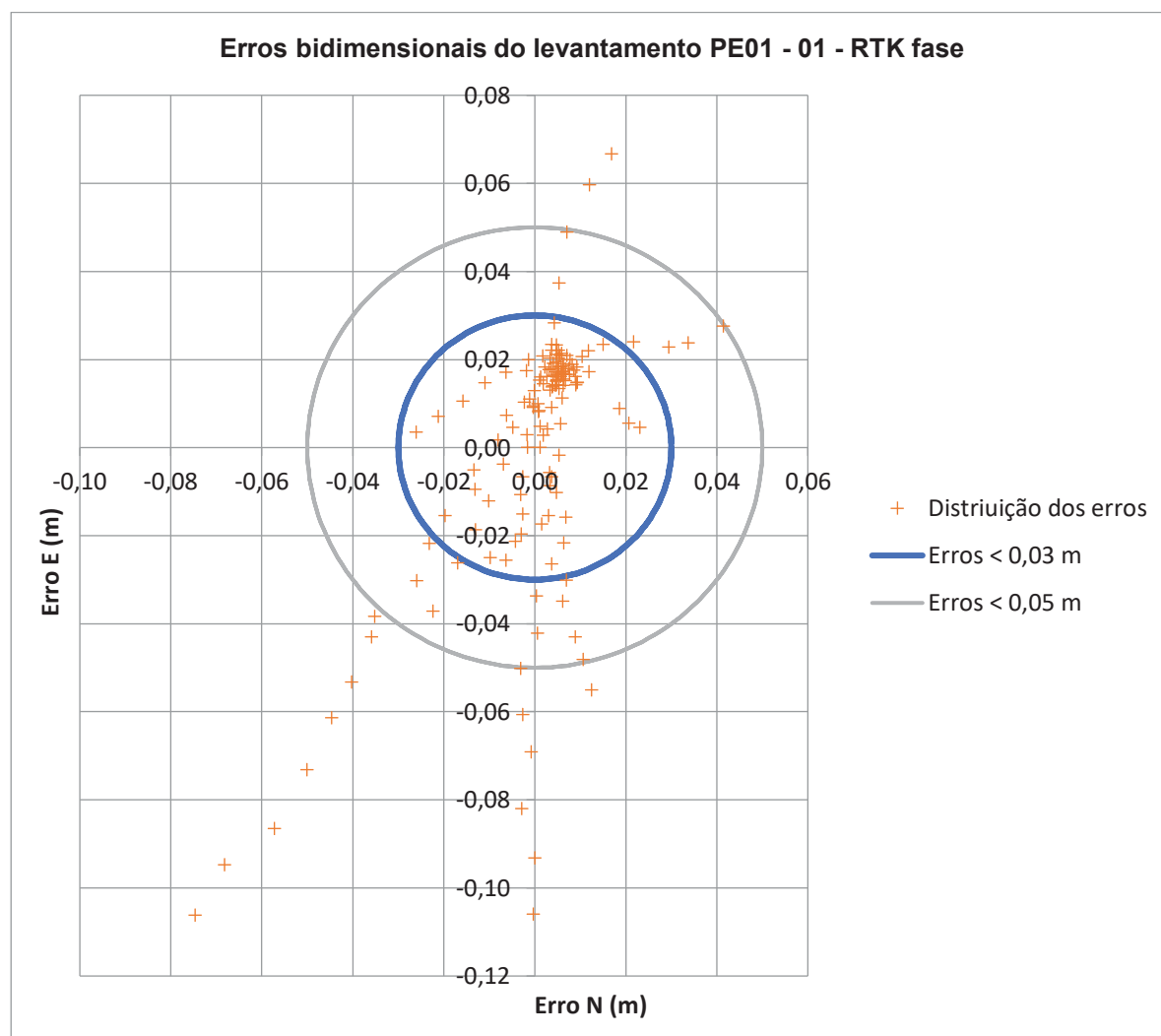


FIGURA 153 - Erros bidimensionais do levantamento PE01 – 01 – RTK fase.

FONTE: O autor (2015).

Os resultados dos testes de normalidade realizados para o levantamento PE01 – 01 – RTK fase (N=152) são apresentados na TABELA 172.

TABELA 172 – Teste de normalidade do levantamento PE01 – 01 – RTK fase.

Testes de Normalidade				
	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Estatística	Significância	Estatística	Significância
Componente E	0,2292	0,0000	0,7619	0,0000
Componente N	0,2011	0,0000	0,8217	0,0000
Componente Altimétrica	0,1715	0,0000	0,8834	0,0000

FONTE: O autor (2015).

Nas FIGURA 154, FIGURA 155 e FIGURA 156 pode-se verificar os histogramas e as curvas normais das variáveis aleatórias quantitativas Componente E, Componente N e Componente Altimétrica.

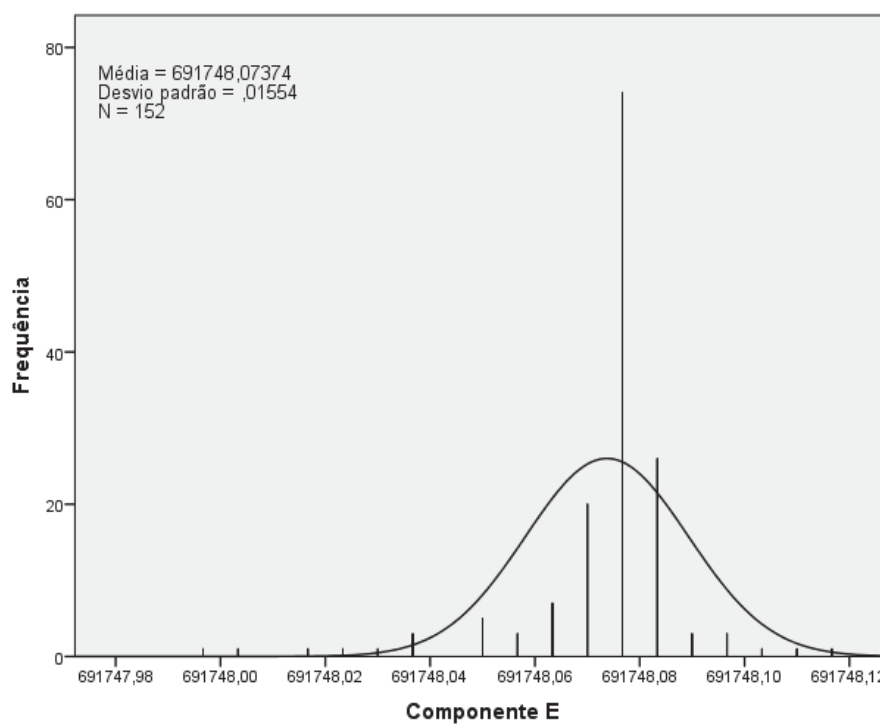


FIGURA 154 - Histograma e curva normal da Componente E .

FONTE: O autor (2015).

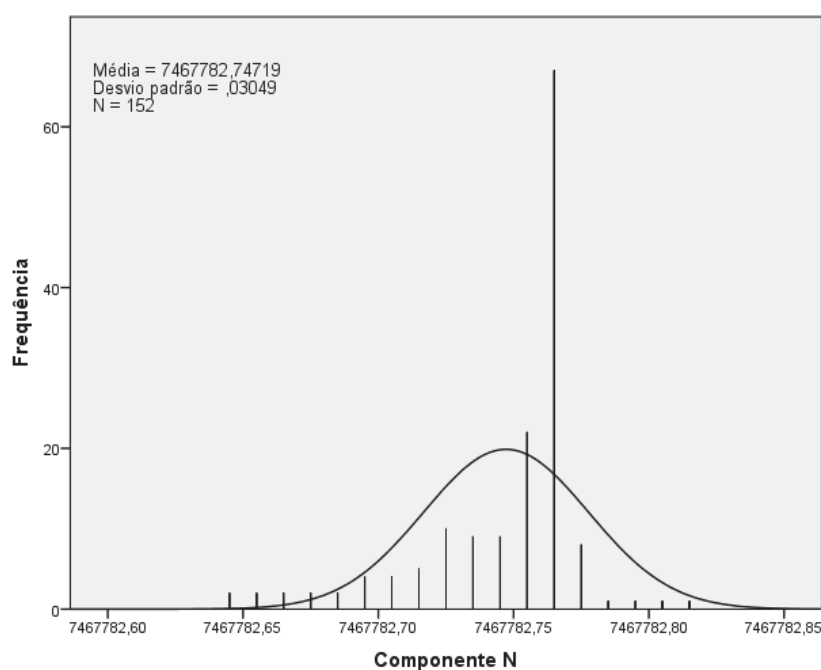


FIGURA 155 - Histograma e curva normal da Componente N .

FONTE: O autor (2015).

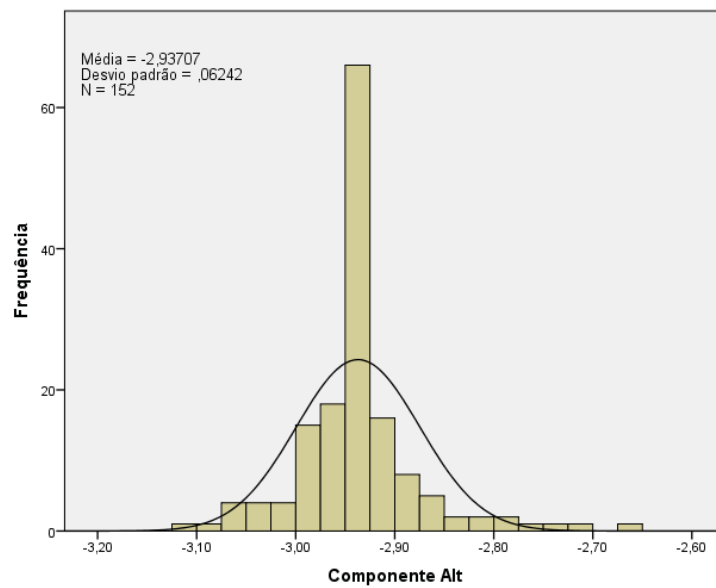


FIGURA 156 - Histograma e curva normal da Componente Alt .

FONTE: O autor (2015).

Os diagramas Q-Q normal das Componentes E, N e Altimétrica podem ser vistos nas FIGURA 157, FIGURA 158 e FIGURA 159.

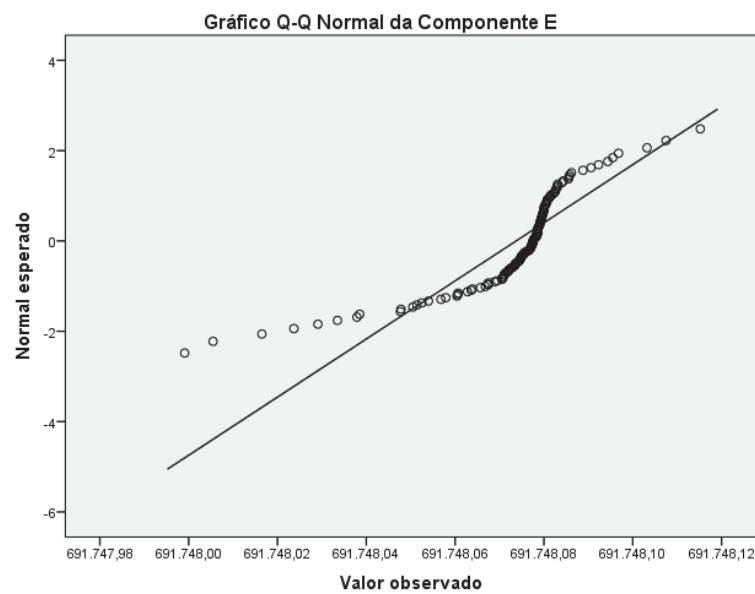


FIGURA 157 - Gráfico Q-Q Normal da Componente E .

FONTE: O autor (2015).

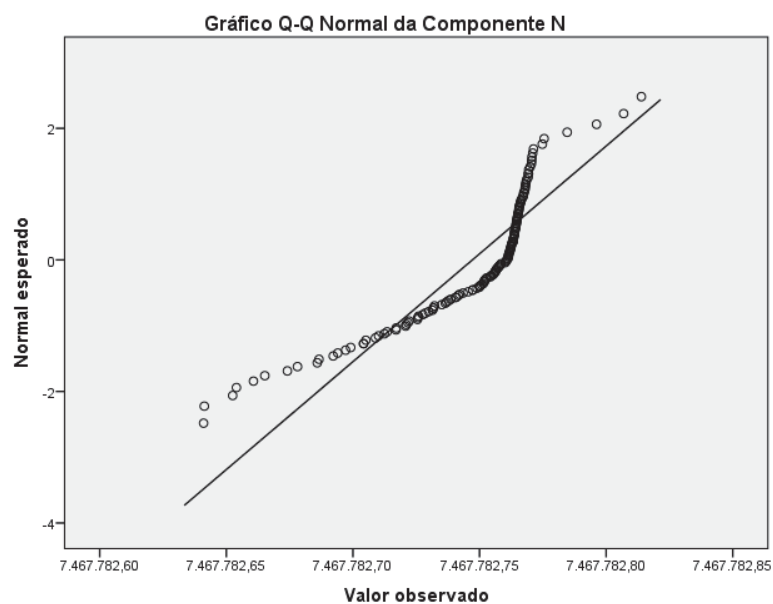


FIGURA 158 - Gráfico Q-Q Normal da Componente N .

FONTE: O autor (2015).

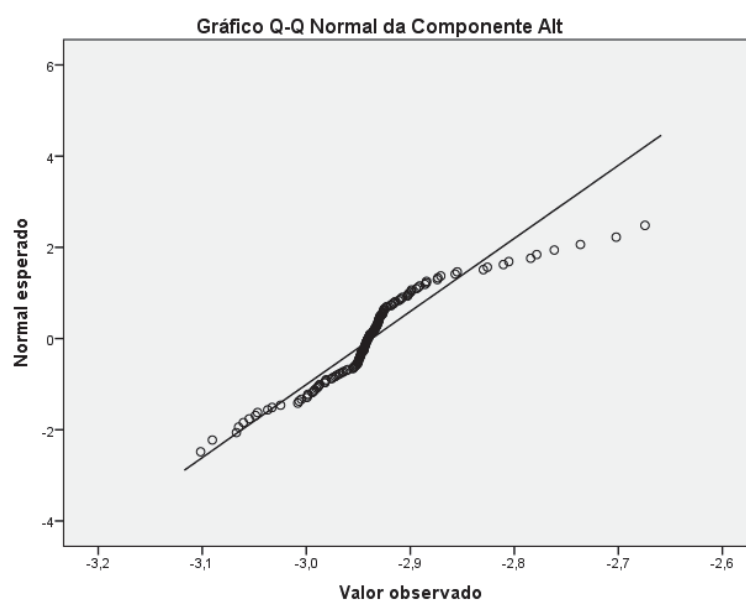


FIGURA 159 - Gráfico Q-Q Normal da Componente Alt.

FONTE: O autor (2015).

Como o N da amostra é maior do que 30, o teste estatístico T de significância pode ser utilizado mesmo para amostras não paramétricas. Para a utilização do referido teste, foram realizadas as seguintes hipóteses:

H0: a média populacional da variável a ser testada é igual ao valor assumido na pesquisa.

H1: a média populacional da variável a ser testada não é igual ao valor assumido na pesquisa.

Os resultados dos testes T realizados são apresentados na Tabela 15, permitindo-se verificar que os valores estimados para as populações das 03 variáveis não se encontram inseridos nos intervalos de confiança calculados, considerando-se portanto que há tendência ao nível de probabilidade 95%.

TABELA 173 – Resultados do teste T.

Resultados do Teste T							
	N	gl	t	Sig. bicaudal	Erro médio	Int. de confiança (95%)	
						Limite inferior	Limite superior
Componente E	152	151	2,9665	0,0035	0,0037	691748,0713	691748,0762
Componente N	152	151	-2,7513	0,0067	-0,0068	7467782,7423	7467782,7520
Componente Alt	152	151	47,9057	0,0000	0,2425	-2,9470	-2,9272

FONTE: O autor (2015).

Como resultado parcial do Apêndice B, verificou-se que as consecutivas análises e tratamentos estatísticos incutem aos dados significantes melhoras, deixando ao pesquisador a decisão de quais ferramentas usar para a consecução de seus objetivos, levando em consideração as diferentes variáveis que lhe afetam.

APÊNDICE C – Testes estatísticos e intervalos de confiança

Neste apêndice são aplicados testes estatísticos aos resultados obtidos com o processamento e com a análise estatística de acurácia e de precisão dos dados dos Experimentos 01 e 03, utilizando tanto a totalidade das soluções obtidas, como somente as soluções fase do mesmo, e apresentadas as consequências e decisões advindos destes.

O intuito da utilização dos testes estatísticos foi avaliar se a existência dos erros foi ou não significativa em relação às amostras analisadas. Para tal, constituíram-se intervalos de confiança (com nível de significância de 5%) para as médias padrão, e verificou-se se estes valores encontravam-se dentro destes intervalos.

Para as amostras com $N > 30$ foi utilizado o teste *t-student*, e para as amostras com $N < 30$ foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon para amostra única. As hipóteses utilizadas (H_0 e H_1) encontram-se descritas na seção B.1.

No que concerne ao Experimento 01, da TABELA 174 à TABELA 179, pode-se verificar os resultados dos testes estatísticos efetuados nos levantamentos realizados utilizando a totalidade das soluções sem a utilização dos filtros.

TABELA 174 – Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp E – 1ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - Componente E							
			Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%			
Nome do ponto	gl	DP pop	t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior	Nível de confiança 95%	Decisão
PE01 - 01 - RTK	792	558,8950	-9,2567	685479,1221	687669,9903	2190,8682	H1
PE01 - 02 - RTK	1655	0,0052	6,4392	691748,0932	691748,1134	0,0203	H1
PE01 - 01 - NTRIP	1016	0,0011	-108,7488	691747,9437	691747,9482	0,0045	H1
PE01 - 02 - NTRIP	601	0,0014	-60,8990	691747,9817	691747,9872	0,0055	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0004	-443,8045	691747,8737	691747,8754	0,0017	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0008	-86,4909	691748,0036	691748,0065	0,0029	H1
PE02 - 01 - RTK	957	0,0011	-1028,9398	691876,8951	691876,8995	0,0044	H1
PE02 - 02 - RTK	1087	0,0037	75,3116	691878,3149	691878,3296	0,0147	H1
PE02 - 01 - NTRIP	602	0,0004	-303,3136	691877,9270	691877,9285	0,0015	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0003	-294,3359	691877,9393	691877,9407	0,0013	H1
PE02 - 01 - RTG	805	0,0025	-74,2045	691877,8467	691877,8567	0,0099	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0026	-68,6042	691877,8565	691877,8667	0,0102	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 175 - Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp E – 2ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE03 - 01 - RTK	650	0,0797	-28,3376	691955,4716	691955,7840	0,3124	H1
PE03 - 02 - RTK	601	0,1318	-26,3701	691954,1525	691954,6691	0,5166	H1
PE03 - 01 - NTRIP	613	0,0160	-15,9664	691957,5984	691957,6613	0,0629	H1
PE03 - 02 - NTRIP	603	0,0618	23,0750	691959,1910	691959,4333	0,2423	H1
PE03 - 01 - RTG	545	0,0088	-2,1119	691957,8501	691957,8847	0,0345	H1
PE03 - 02 - RTG	1406	0,0123	136,7481	691959,5498	691959,5982	0,0484	H1
PE04 - 01 - RTK	1226	0,0003	332,9074	691613,4611	691613,4621	0,0010	H1
PE04 - 02 - RTK	1588	0,0007	113,0375	691613,4506	691613,4533	0,0026	H1
PE04 - 01 - NTRIP	613	0,0058	-3,5156	691613,3444	691613,3670	0,0226	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0005	-46,7054	691613,3503	691613,3524	0,0021	H1
PE04 - 01 - RTG	929	0,0037	-163,2393	691612,7607	691612,7753	0,0146	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0033	-58,5870	691613,1737	691613,1868	0,0131	H1
PE05 - 01 - RTK	768	0,0013	-12,1296	691419,5893	691419,5945	0,0052	H1
PE05 - 02 - RTK	793	0,0142	18,0231	691419,8356	691419,8912	0,0555	H1
PE05 - 01 - NTRIP	605	0,0052	-21,4148	691419,4858	691419,5063	0,0205	H1
PE05 - 02 - NTRIP	615	0,0017	-60,2897	691419,5014	691419,5081	0,0067	H1
PE05 - 01 - RTG	739	0,0021	31,8077	691419,6707	691419,6789	0,0082	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0005	-205,1765	691419,4948	691419,4969	0,0021	H1
PE06 - 01 - RTK	946	0,0043	61,6437	691347,4773	691347,4943	0,0170	H1
PE06 - 02 - RTK	977	0,0024	-232,7195	691346,6663	691346,6755	0,0092	H1
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	-83,8721	691347,1481	691347,1513	0,0032	H1
PE06 - 02 - NTRIP	885	0,0016	-46,8673	691347,1385	691347,1450	0,0065	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0016	-17,1062	691347,1893	691347,1954	0,0061	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0032	12,5187	691347,2531	691347,2658	0,0127	H1
PE07 - 01 - RTK	666	0,0559	-8,8354	691448,4303	691448,6492	0,2190	H1
PE07 - 02 - RTK	601	0,1469	-14,5857	691446,6025	691447,1784	0,5759	H1
PE07 - 01 - NTRIP	600	0,0164	-14,1215	691448,7702	691448,8344	0,0641	H1
PE07 - 02 - NTRIP	636	0,1412	5,4427	691449,5251	691450,0786	0,5535	H1
PE07 - 01 - RTG	712	0,3477	10,5395	691452,0168	691453,3800	1,3632	H1
PE07 - 02 - RTG	444	3,0518	-3,4938	691432,3892	691444,3524	11,9632	H1
PE08 - 01 - RTK	605	0,0028	-14,7991	691639,8476	691639,8586	0,0110	H1
PE08 - 02 - RTK	1862	0,0089	92,0772	691640,6933	691640,7280	0,0347	H1
PE08 - 01 - NTRIP	621	0,0177	3,9149	691639,9292	691639,9987	0,0695	H1
PE08 - 02 - NTRIP	1792	0,0077	18,8188	691640,0241	691640,0542	0,0301	H1
PE08 - 02 - RTG	690	0,0106	-8,3701	691639,7853	691639,8268	0,0415	H1
PE09 - 02 - RTK	1015	0,0104	-56,9571	691390,6359	691390,6767	0,0408	H1
PE09 - 01 - NTRIP	867	0,0024	-16,4119	691391,2048	691391,2142	0,0094	H1
PE09 - 02 - NTRIP	588	0,0005	-33,8245	691391,2296	691391,2317	0,0021	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0004	-219,0510	691391,1564	691391,1580	0,0016	H1
PE09 - 02 - RTG	1292	0,0027	-65,7515	691391,0665	691391,0771	0,0106	H1
PE10 - 01 - RTK	629	0,0115	13,5702	691371,8110	691371,8559	0,0449	H1
PE10 - 02 - RTK	1241	0,1262	-4,0019	691370,9255	691371,4203	0,4948	H1
PE10 - 01 - NTRIP	639	0,0012	-62,2542	691371,5999	691371,6047	0,0048	H1
PE10 - 02 - NTRIP	617	0,0019	-51,1957	691371,5759	691371,5834	0,0075	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0052	-58,3144	691371,3635	691371,3839	0,0205	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0046	-60,0416	691371,3904	691371,4086	0,0182	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 176 - Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp N – 1ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	792	631,7858	-9,3835	7460616,1076	7463092,7080	2476,6004	H1
PE01 - 02 - RTK	1655	0,0088	-5,8026	7467782,6856	7467782,7202	0,0345	H1
PE01 - 01 - NTRIP	1016	0,0008	30,5781	7467782,7758	7467782,7788	0,0030	H1
PE01 - 02 - NTRIP	601	0,0023	15,7415	7467782,7854	7467782,7943	0,0089	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0007	360,7988	7467782,9939	7467782,9965	0,0026	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0003	737,2592	7467783,0089	7467783,0102	0,0014	H1
PE02 - 01 - RTK	957	0,0021	-215,2161	7467851,5245	7467851,5327	0,0082	H1
PE02 - 02 - RTK	1087	0,0047	-116,0336	7467851,4321	7467851,4503	0,0182	H1
PE02 - 01 - NTRIP	602	0,0008	31,9836	7467852,0051	7467852,0083	0,0032	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0007	47,8672	7467852,0120	7467852,0147	0,0026	H1
PE02 - 01 - RTG	805	0,0024	96,6692	7467852,2088	7467852,2183	0,0094	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0031	39,2312	7467852,0983	7467852,1107	0,0123	H1
PE03 - 01 - RTK	650	0,0313	-34,5021	7467881,9989	7467882,1217	0,1228	H1
PE03 - 02 - RTK	601	0,0904	-31,9505	7467880,0770	7467880,4312	0,3542	H1
PE03 - 01 - NTRIP	613	0,0295	2,2856	7467883,1506	7467883,2662	0,1156	H1
PE03 - 02 - NTRIP	603	0,1001	14,4844	7467884,3944	7467884,7866	0,3923	H1
PE03 - 01 - RTG	545	0,0096	4,2567	7467883,1631	7467883,2007	0,0377	H1
PE03 - 02 - RTG	1406	0,0439	3,5993	7467883,2130	7467883,3852	0,1722	H1
PE04 - 01 - RTK	1226	0,0002	-209,7455	7468009,1945	7468009,1955	0,0010	H1
PE04 - 02 - RTK	1588	0,0004	-151,6039	7468009,1852	7468009,1868	0,0016	H1
PE04 - 01 - NTRIP	613	0,0102	-9,3429	7468009,1302	7468009,1704	0,0402	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0008	5,7087	7468009,2490	7468009,2522	0,0032	H1
PE04 - 01 - RTG	929	0,0056	54,1741	7468009,5363	7468009,5581	0,0218	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0124	50,3517	7468009,8472	7468009,8959	0,0487	H1
PE05 - 01 - RTK	768	0,0030	-2,9531	7467957,0052	7467957,0170	0,0118	H1
PE05 - 02 - RTK	793	0,0427	-13,9111	7467956,3430	7467956,5102	0,1672	H1
PE05 - 01 - NTRIP	605	0,0022	-1,3781	7467957,0126	7467957,0213	0,0087	H0
PE05 - 02 - NTRIP	615	0,0013	40,7093	7467957,0705	7467957,0756	0,0051	H1
PE05 - 01 - RTG	739	0,0022	89,0858	7467957,2135	7467957,2222	0,0087	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0004	524,3463	7467957,2441	7467957,2458	0,0017	H1
PE06 - 01 - RTK	946	0,0342	-84,6828	7468203,3746	7468203,5086	0,1339	H1
PE06 - 02 - RTK	977	0,0064	-287,6408	7468204,4699	7468204,4951	0,0252	H1
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	86,5492	7468206,3990	7468206,4019	0,0030	H1
PE06 - 02 - NTRIP	885	0,0045	2,7507	7468206,3386	7468206,3562	0,0177	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0005	434,0872	7468206,5536	7468206,5556	0,0020	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0012	186,1160	7468206,5506	7468206,5552	0,0046	H1
PE07 - 01 - RTK	666	0,1185	-23,5424	7468271,4336	7468271,8982	0,4646	H1
PE07 - 02 - RTK	601	0,4259	-0,2336	7468273,5218	7468275,1914	1,6696	H0
PE07 - 01 - NTRIP	600	0,0679	-23,1674	7468272,7489	7468273,0153	0,2663	H1
PE07 - 02 - NTRIP	636	0,1695	4,8233	7468274,9415	7468275,6061	0,6646	H1
PE07 - 01 - RTG	712	0,5020	12,3039	7468279,6486	7468281,6164	1,9678	H1
PE07 - 02 - RTG	444	5,3445	0,3142	7468265,6603	7468286,6107	20,9503	H0

FONTE: O autor (2015).

TABELA 177 - Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp N – 2ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE08 - 01 - RTK	605	0,0032	-5,7769	7468058,0776	7468058,0900	0,0125	H1
PE08 - 02 - RTK	1862	0,0098	-115,5402	7468056,9526	7468056,9909	0,0384	H1
PE08 - 01 - NTRIP	621	0,0128	37,6460	7468058,5603	7468058,6107	0,0503	H1
PE08 - 02 - NTRIP	1792	0,0057	29,1464	7468058,2570	7468058,2793	0,0223	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	690	0,0050	83,9194	7468058,5150	7468058,5348	0,0197	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	1015	0,0092	-244,6169	7468166,4219	7468166,4579	0,0360	H1
PE09 - 01 - NTRIP	867	0,0004	-12,3518	7468168,6820	7468168,6834	0,0014	H1
PE09 - 02 - NTRIP	588	0,0008	5,9233	7468168,6900	7468168,6930	0,0030	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0002	976,1477	7468168,8987	7468168,8996	0,0009	H1
PE09 - 02 - RTG	1292	0,0037	15,7025	7468168,7379	7468168,7524	0,0145	H1
PE10 - 01 - RTK	629	0,0339	-9,2339	7468059,8355	7468059,9684	0,1329	H1
PE10 - 02 - RTK	1241	0,0336	-29,7770	7468059,1500	7468059,2815	0,1315	H1
PE10 - 01 - NTRIP	639	0,0011	43,2696	7468060,2623	7468060,2668	0,0045	H1
PE10 - 02 - NTRIP	617	0,0068	4,2425	7468060,2304	7468060,2569	0,0265	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0045	42,7727	7468060,3988	7468060,4164	0,0177	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0029	127,4457	7468060,5734	7468060,5846	0,0112	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 178 - Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp Altimétrica – 1ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	792	3409,6485	-9,6344	-39535,9391	-26170,1169	13365,8222	H1
PE01 - 02 - RTK	1655	0,0153	22,2162	-2,8690	-2,8089	0,0601	H1
PE01 - 01 - NTRIP	1016	0,0012	208,5289	-2,9332	-2,9285	0,0047	H1
PE01 - 02 - NTRIP	601	0,0149	22,3109	-2,8773	-2,8190	0,0582	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0010	2466,9771	-0,6666	-0,6626	0,0040	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0012	2149,5996	-0,6907	-0,6862	0,0045	H1
PE02 - 01 - RTK	957	0,0080	160,2569	-3,1409	-3,1096	0,0313	H1
PE02 - 02 - RTK	1087	0,0049	-224,0352	-5,5102	-5,4911	0,0191	H1
PE02 - 01 - NTRIP	602	0,0017	286,3126	-3,9293	-3,9227	0,0066	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0015	305,2175	-3,9497	-3,9438	0,0059	H1
PE02 - 01 - RTG	805	0,0050	557,0079	-1,6274	-1,6078	0,0196	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0038	687,0039	-1,8083	-1,7935	0,0149	H1
PE03 - 01 - RTK	650	0,1184	28,3921	-0,5798	-0,1159	0,4640	H1
PE03 - 02 - RTK	601	0,6534	19,0623	7,4667	10,0281	2,5614	H1
PE03 - 01 - NTRIP	613	0,0459	3,1487	-3,6537	-3,4737	0,1800	H1
PE03 - 02 - NTRIP	603	0,2200	-11,0296	-6,5660	-5,7036	0,8624	H1
PE03 - 01 - RTG	545	0,0190	101,0926	-1,8294	-1,7551	0,0743	H1
PE03 - 02 - RTG	1406	0,0689	36,1509	-1,3512	-1,0810	0,2702	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 179 - Testes estatísticos dos levantamentos com todas as soluções – Comp Altimétrica – 2ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE04 - 01 - RTK	1226	0,0010	69,9718	-3,9578	-3,9539	0,0038	H1
PE04 - 02 - RTK	1588	0,0020	36,0225	-3,9556	-3,9477	0,0079	H1
PE04 - 01 - NTRIP	613	0,0268	-5,9577	-4,2364	-4,1314	0,1050	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0038	3,2565	-4,0193	-4,0043	0,0150	H1
PE04 - 01 - RTG	929	0,0126	-93,6447	-5,2242	-5,1750	0,0492	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0304	111,2692	-0,7055	-0,5865	0,1190	H1
PE05 - 01 - RTK	768	0,0077	8,4963	-3,7724	-3,7424	0,0300	H1
PE05 - 02 - RTK	793	0,0442	16,2330	-3,1912	-3,0178	0,1734	H1
PE05 - 01 - NTRIP	605	0,0092	-7,7924	-3,9123	-3,8762	0,0361	H1
PE05 - 02 - NTRIP	615	0,0052	1,0951	-3,8269	-3,8065	0,0205	H0
PE05 - 01 - RTG	739	0,0033	661,6281	-1,6366	-1,6236	0,0130	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0009	2375,6852	-1,6007	-1,5971	0,0037	H1
PE06 - 01 - RTK	946	0,0489	21,7903	-3,4485	-3,2567	0,1918	H1
PE06 - 02 - RTK	977	0,0061	374,3156	-2,1362	-2,1122	0,0240	H1
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0013	54,8411	-4,3476	-4,3424	0,0053	H1
PE06 - 02 - NTRIP	885	0,0074	5,4469	-4,3929	-4,3639	0,0291	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0019	1109,6775	-2,3415	-2,3341	0,0074	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0069	317,1057	-2,2447	-2,2176	0,0270	H1
PE07 - 01 - RTK	666	0,1316	-39,0951	7,9157	8,4315	0,5157	H1
PE07 - 02 - RTK	601	0,2290	21,0777	17,6954	18,5932	0,8978	H1
PE07 - 01 - NTRIP	600	0,0738	5,7851	13,5991	13,8882	0,2891	H1
PE07 - 02 - NTRIP	636	0,3560	-5,3285	10,7220	12,1177	1,3957	H1
PE07 - 01 - RTG	712	0,2396	0,6026	12,9917	13,9311	0,9393	H0
PE07 - 02 - RTG	444	13,0995	-6,3550	-95,6060	-44,2559	51,3501	H1
PE08 - 01 - RTK	605	0,0039	-22,7811	-3,6999	-3,6845	0,0154	H1
PE08 - 02 - RTK	1862	0,0271	40,9965	-2,5436	-2,4373	0,1064	H1
PE08 - 01 - NTRIP	621	0,0413	23,3464	-2,7185	-2,5564	0,1621	H1
PE08 - 02 - NTRIP	1792	0,0161	16,9699	-3,3615	-3,2985	0,0630	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	690	0,0343	63,7476	-1,4820	-1,3475	0,1345	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	1015	0,0232	123,0224	-1,8737	-1,7827	0,0910	H1
PE09 - 01 - NTRIP	867	0,0014	1644,1511	-2,4000	-2,3945	0,0055	H1
PE09 - 02 - NTRIP	588	0,0021	1103,5956	-2,3260	-2,3176	0,0084	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0007	3187,0232	-2,3077	-2,3048	0,0029	H1
PE09 - 02 - RTG	1292	0,0053	395,6334	-2,5859	-2,5650	0,0209	H1
PE10 - 01 - RTK	629	0,0281	1,3272	-3,8192	-3,7090	0,1102	H0
PE10 - 02 - RTK	1241	0,0298	57,9524	-2,1339	-2,0171	0,1167	H1
PE10 - 01 - NTRIP	639	0,0040	513,5540	-1,7775	-1,7620	0,0155	H1
PE10 - 02 - NTRIP	617	0,0091	228,2656	-1,7413	-1,7056	0,0357	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0031	729,0763	-1,5739	-1,5619	0,0120	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0064	332,1663	-1,6875	-1,6624	0,0251	H1

FONTE: O autor (2015).

Da TABELA 180 à TABELA 185, pode-se verificar os resultados dos testes estatísticos efetuados nos levantamentos realizados utilizando as soluções fase sem a utilização dos filtros.

TABELA 180 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp E – 1ª parte..

Testes estatísticos - soluções fase - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
				Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	151	0,0013	2,9665	691748,0713	691748,0762	0,0049	H1
PE01 - 02 - RTK	1472	0,0004	-13,3115	691748,0645	691748,0659	0,0014	H1
PE01 - 01 - NTRIP	1002	0,0005	-229,9804	691747,9476	691747,9496	0,0021	H1
PE01 - 02 - NTRIP	577	0,0005	-174,9989	691747,9880	691747,9898	0,0018	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0004	-443,8045	691747,8737	691747,8754	0,0017	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0008	-86,4909	691748,0036	691748,0065	0,0029	H1
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0004	-319,6798	691877,9269	691877,9283	0,0014	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0003	-294,3359	691877,9393	691877,9407	0,0013	H1
PE02 - 01 - RTG	805	0,0025	-74,2045	691877,8467	691877,8567	0,0099	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0026	-68,6042	691877,8565	691877,8667	0,0102	H1
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	339	0,0012	-84,6088	691957,7818	691957,7865	0,0047	H1
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	545	0,0088	-2,1119	691957,8501	691957,8847	0,0345	H1
PE03 - 02 - RTG	1245	0,0113	141,4894	691959,4675	691959,5119	0,0444	H1
PE04 - 01 - RTK	1226	0,0003	332,9074	691613,4611	691613,4621	0,0010	H1
PE04 - 02 - RTK	1555	0,0002	383,4040	691613,4542	691613,4550	0,0008	H1
PE04 - 01 - NTRIP	327	0,0004	-88,5890	691613,3396	691613,3412	0,0016	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0005	-46,7054	691613,3503	691613,3524	0,0021	H1
PE04 - 01 - RTG	13	0,0009	105	691613,4560	691613,4605	0,0045	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0033	-58,5870	691613,1737	691613,1868	0,0131	H1
PE05 - 01 - RTK	740	0,0007	-15,2517	691419,5958	691419,5986	0,0028	H1
PE05 - 02 - RTK	354	0,0017	-6,3077	691419,5939	691419,6006	0,0067	H1
PE05 - 01 - NTRIP	529	0,0005	-174,9308	691419,5158	691419,5178	0,0020	H1
PE05 - 02 - NTRIP	575	0,0008	-134,5171	691419,4943	691419,4976	0,0033	H1
PE05 - 01 - RTG	739	0,0021	31,8077	691419,6707	691419,6789	0,0082	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0005	-205,1765	691419,4948	691419,4969	0,0021	H1
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	-83,8721	691347,1481	691347,1513	0,0032	H1
PE06 - 02 - NTRIP	742	0,0004	-216,2825	691347,1296	691347,1312	0,0016	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0016	-17,1062	691347,1893	691347,1954	0,0061	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0032	12,5187	691347,2531	691347,2658	0,0127	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 181 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp E – 2ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	712	0,3477	10,5395	691452,0168	691453,3800	1,3632	H1
PE07 - 02 - RTG	193	2,7783	-8,7337	691419,3226	691430,2137	10,8911	H1
PE08 - 01 - RTK	497	0,0002	-255,2598	691639,8366	691639,8375	0,0009	H1
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	69	0,0014	248,2299	691640,2351	691640,2406	0,0055	H1
PE08 - 02 - NTRIP	401	0,0015	-96,0174	691639,7458	691639,7517	0,0060	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	660	0,0108	-9,3151	691639,7727	691639,8151	0,0424	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	837	0,0004	-64,0350	691391,2219	691391,2235	0,0016	H1
PE09 - 02 - NTRIP	586	0,0005	-38,3333	691391,2301	691391,2320	0,0018	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0004	-219,0510	691391,1564	691391,1580	0,0016	H1
PE09 - 02 - RTG	1292	0,0027	-65,7515	691391,0665	691391,0771	0,0106	H1
PE10 - 01 - RTK	313	0,0013	6,7937	691371,6845	691371,6897	0,0052	H1
PE10 - 02 - RTK	59	0,0048	-0,0980	691371,6679	691371,6871	0,0192	H0
PE10 - 01 - NTRIP	634	0,0010	-75,3987	691371,5989	691371,6029	0,0040	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0003	-286,1831	691371,5864	691371,5876	0,0012	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0052	-58,3144	691371,3635	691371,3839	0,0205	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0046	-60,0416	691371,3904	691371,4086	0,0182	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 182 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp N – 1ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	151	0,0025	-2,7513	7467782,7423	7467782,7520	0,0097	H1
PE01 - 02 - RTK	1472	0,0002	-85,1517	7467782,7360	7467782,7368	0,0008	H1
PE01 - 01 - NTRIP	1002	0,0004	58,7265	7467782,7782	7467782,7799	0,0017	H1
PE01 - 02 - NTRIP	577	0,0005	80,9800	7467782,7961	7467782,7982	0,0021	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0007	360,7988	7467782,9939	7467782,9965	0,0026	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0003	737,2592	7467783,0089	7467783,0102	0,0014	H1
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0003	79,5434	7467852,0068	7467852,0081	0,0013	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0007	47,8672	7467852,0120	7467852,0147	0,0026	H1
PE02 - 01 - RTG	805	0,0024	96,6692	7467852,2088	7467852,2183	0,0094	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0031	39,2312	7467852,0983	7467852,1107	0,0123	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 183 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp N – 2ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
				Limite inferior	Limite superior		
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	339	0,0008	55,4276	7467883,1821	7467883,1851	0,0030	H1
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	545	0,0096	4,2567	7467883,1631	7467883,2007	0,0377	H1
PE03 - 02 - RTG	1245	0,0327	18,2491	7467883,6737	7467883,8019	0,1282	H1
PE04 - 01 - RTK	1226	0,0002	-209,7455	7468009,1945	7468009,1955	0,0010	H1
PE04 - 02 - RTK	1555	0,0004	-173,7144	7468009,1844	7468009,1857	0,0014	H1
PE04 - 01 - NTRIP	327	0,0006	-1,9907	7468009,2436	7468009,2460	0,0024	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0008	5,7087	7468009,2490	7468009,2522	0,0032	H1
PE04 - 01 - RTG	13	0,0010	105	7468010,0150	7468010,0209	0,0059	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0124	50,3517	7468009,8472	7468009,8959	0,0487	H1
PE05 - 01 - RTK	740	0,0009	3,1263	7467957,0211	7467957,0248	0,0037	H1
PE05 - 02 - RTK	354	0,0021	8,5586	7467957,0335	7467957,0416	0,0080	H1
PE05 - 01 - NTRIP	529	0,0010	-0,0505	7467957,0180	7467957,0219	0,0038	H0
PE05 - 02 - NTRIP	575	0,0008	71,5596	7467957,0745	7467957,0776	0,0031	H1
PE05 - 01 - RTG	739	0,0022	89,0858	7467957,2135	7467957,2222	0,0087	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0004	524,3463	7467957,2441	7467957,2458	0,0017	H1
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	86,5492	7468206,3990	7468206,4019	0,0030	H1
PE06 - 02 - NTRIP	742	0,0005	96,0592	7468206,3774	7468206,3792	0,0018	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0005	434,0872	7468206,5536	7468206,5556	0,0020	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0012	186,1160	7468206,5506	7468206,5552	0,0046	H1
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	712	0,5020	12,3039	7468279,6486	7468281,6164	1,9678	H1
PE07 - 02 - RTG	193	1,2133	1,4862	7468273,8813	7468278,6374	4,7561	H0
PE08 - 01 - RTK	497	0,0002	90,0638	7468058,1170	7468058,1176	0,0007	H1
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	69	0,0012	295,8001	7468058,4673	7468058,4722	0,0049	H1
PE08 - 02 - NTRIP	401	0,0021	25,3081	7468058,1519	7468058,1602	0,0083	H1
PE08 - 02 - RTG	660	0,0047	93,0479	7468058,5280	7468058,5464	0,0183	H1
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	837	0,0003	-14,8631	7468168,6814	7468168,6827	0,0013	H1
PE09 - 02 - NTRIP	586	0,0004	8,2616	7468168,6898	7468168,6915	0,0017	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0002	976,1477	7468168,8987	7468168,8996	0,0009	H1
PE09 - 02 - RTG	1292	0,0037	15,7025	7468168,7379	7468168,7524	0,0145	H1
PE10 - 01 - RTK	313	0,0015	-6,8294	7468060,2018	7468060,2077	0,0059	H1
PE10 - 02 - RTK	59	0,0060	-2,9627	7468060,1855	7468060,2092	0,0236	H1
PE10 - 01 - NTRIP	634	0,0011	44,9929	7468060,2619	7468060,2661	0,0043	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0004	111,8866	7468060,2598	7468060,2614	0,0016	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0045	42,7727	7468060,3988	7468060,4164	0,0177	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0029	127,4457	7468060,5734	7468060,5846	0,0112	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 184 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp Alt – 1ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	151	0,0051	47,9057	-2,9470	-2,9272	0,0198	H1
PE01 - 02 - RTK	1472	0,0009	304,4092	-2,9210	-2,9176	0,0034	H1
PE01 - 01 - NTRIP	1002	0,0010	258,2919	-2,9314	-2,9276	0,0038	H1
PE01 - 02 - NTRIP	577	0,0014	197,8937	-2,9106	-2,9052	0,0054	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0010	2466,9771	-0,6666	-0,6626	0,0040	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0012	2149,5996	-0,6907	-0,6862	0,0045	H1
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0012	408,8959	-3,9295	-3,9249	0,0046	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0015	305,2175	-3,9497	-3,9438	0,0059	H1
PE02 - 01 - RTG	805	0,0050	557,0079	-1,6274	-1,6078	0,0196	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0038	687,0039	-1,8083	-1,7935	0,0149	H1
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	339	0,0060	41,6675	-3,4716	-3,4482	0,0234	H1
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	545	0,0190	101,0926	-1,8294	-1,7551	0,0743	H1
PE03 - 02 - RTG	1245	0,0728	35,2296	-1,2872	-1,0020	0,2853	H1
PE04 - 01 - RTK	1226	0,0010	69,9718	-3,9578	-3,9539	0,0038	H1
PE04 - 02 - RTK	1555	0,0010	65,3042	-3,9609	-3,9570	0,0039	H1
PE04 - 01 - NTRIP	327	0,0015	52,7909	-3,9487	-3,9428	0,0058	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0038	3,2565	-4,0193	-4,0043	0,0150	H1
PE04 - 01 - RTG	13	0,0010	105	-2,3900	-2,3860	0,0040	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0304	111,2692	-0,7055	-0,5865	0,1190	H1
PE05 - 01 - RTK	740	0,0020	16,1751	-3,7945	-3,7868	0,0077	H1
PE05 - 02 - RTK	354	0,0060	10,9880	-3,7685	-3,7451	0,0234	H1
PE05 - 01 - NTRIP	529	0,0027	-14,3321	-3,8662	-3,8557	0,0105	H1
PE05 - 02 - NTRIP	575	0,0018	2,6552	-3,8211	-3,8140	0,0071	H1
PE05 - 01 - RTG	739	0,0033	661,6281	-1,6366	-1,6236	0,0130	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0009	2375,6852	-1,6007	-1,5971	0,0037	H1
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0013	54,8411	-4,3476	-4,3424	0,0053	H1
PE06 - 02 - NTRIP	742	0,0010	27,5775	-4,3929	-4,3889	0,0040	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0019	1109,6775	-2,3415	-2,3341	0,0074	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0069	317,1057	-2,2447	-2,2176	0,0270	H1
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	712	0,2396	0,6026	12,9917	13,9311	0,9393	H0
PE07 - 02 - RTG	193	25,0163	-8,0037	-235,9372	-137,8735	98,0637	H1
PE08 - 01 - RTK	497	0,0008	-144,3504	-3,7144	-3,7114	0,0030	H1
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	69	0,0029	932,6404	-0,8675	-0,8559	0,0117	H1
PE08 - 02 - NTRIP	401	0,0034	-22,2248	-3,6861	-3,6726	0,0135	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	660	0,0322	65,8425	-1,5448	-1,4186	0,1263	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 185 - Testes estatísticos dos levantamentos com as soluções fase – Comp Alt – 2ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	837	0,0011	2042,1298	-2,3960	-2,3916	0,0044	H1
PE09 - 02 - NTRIP	586	0,0021	1113,8626	-2,3255	-2,3171	0,0083	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0007	3187,0232	-2,3077	-2,3048	0,0029	H1
PE09 - 02 - RTG	1292	0,0053	395,6334	-2,5859	-2,5650	0,0209	H1
PE10 - 01 - RTK	313	0,0040	-8,7238	-3,8440	-3,8284	0,0156	H1
PE10 - 02 - RTK	59	0,0284	3,4437	-3,7599	-3,6472	0,1127	H1
PE10 - 01 - NTRIP	634	0,0038	538,6387	-1,7752	-1,7604	0,0148	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0017	1202,4031	-1,7517	-1,7450	0,0067	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0031	729,0763	-1,5739	-1,5619	0,0120	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0064	332,1663	-1,6875	-1,6624	0,0251	H1

FONTE: O autor (2015).

Da TABELA 186 à TABELA 191 pode-se verificar os resultados dos testes estatísticos efetuados nos levantamentos realizados utilizando a totalidade das soluções com a utilização do filtro boxplot.

TABELA 186 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp E – 1ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro boxplot - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	646	0,0127	-25,9895	691747,7151	691747,7649	0,0498	H1
PE01 - 02 - RTK	1442	0,0001	-101,8213	691748,0631	691748,0634	0,0003	H1
PE01 - 01 - NTRIP	981	0,0003	-423,0985	691747,9499	691747,9510	0,0011	H1
PE01 - 02 - NTRIP	562	0,0003	-234,6080	691747,9882	691747,9895	0,0014	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0004	-443,8045	691747,8737	691747,8754	0,0017	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0008	-86,4909	691748,0036	691748,0065	0,0029	H1
PE02 - 01 - RTK	957	0,0011	-1028,9398	691876,8951	691876,8995	0,0044	H1
PE02 - 02 - RTK	1087	0,0037	75,3116	691878,3149	691878,3296	0,0147	H1
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0004	-319,6798	691877,9269	691877,9283	0,0014	H1
PE02 - 02 - NTRIP	599	0,0003	-303,0579	691877,9393	691877,9406	0,0013	H1
PE02 - 01 - RTG	791	0,0023	-81,1875	691877,8519	691877,8607	0,0089	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0026	-68,6042	691877,8565	691877,8667	0,0102	H1
PE03 - 01 - RTK	650	0,0797	-28,3376	691955,4716	691955,7840	0,3124	H1
PE03 - 02 - RTK	601	0,1318	-26,3701	691954,1525	691954,6691	0,5166	H1
PE03 - 01 - NTRIP	564	0,0088	-25,1155	691957,6468	691957,6814	0,0346	H1
PE03 - 02 - NTRIP	603	0,0618	23,0750	691959,1910	691959,4333	0,2423	H1
PE03 - 01 - RTG	545	0,0088	-2,1119	691957,8501	691957,8847	0,0345	H1
PE03 - 02 - RTG	1406	0,0123	136,7481	691959,5498	691959,5982	0,0484	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 187 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp E – 2ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro boxplot - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE04 - 01 - RTK	1198	0,0001	1067,8880	691613,4613	691613,4616	0,0003	H1
PE04 - 02 - RTK	1502	0,0001	669,1656	691613,4549	691613,4554	0,0005	H1
PE04 - 01 - NTRIP	420	0,0014	-30,5243	691613,3291	691613,3348	0,0057	H1
PE04 - 02 - NTRIP	613	0,0004	-56,4393	691613,3498	691613,3515	0,0018	H1
PE04 - 01 - RTG	915	0,0025	-248,1674	691612,7525	691612,7623	0,0098	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0033	-58,5870	691613,1737	691613,1868	0,0131	H1
PE05 - 01 - RTK	664	0,0002	-60,9279	691419,5983	691419,5989	0,0006	H1
PE05 - 02 - RTK	793	0,0142	18,0231	691419,8356	691419,8912	0,0555	H1
PE05 - 01 - NTRIP	534	0,0004	-231,3096	691419,5164	691419,5180	0,0015	H1
PE05 - 02 - NTRIP	554	0,0005	-218,8704	691419,4944	691419,4964	0,0020	H1
PE05 - 01 - RTG	739	0,0021	31,8077	691419,6707	691419,6789	0,0082	H1
PE05 - 02 - RTG	559	0,0005	-222,5940	691419,4953	691419,4973	0,0020	H1
PE06 - 01 - RTK	946	0,0043	61,6437	691347,4773	691347,4943	0,0170	H1
PE06 - 02 - RTK	977	0,0024	-232,7195	691346,6663	691346,6755	0,0092	H1
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	-83,8721	691347,1481	691347,1513	0,0032	H1
PE06 - 02 - NTRIP	803	0,0004	-196,9774	691347,1302	691347,1320	0,0017	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0016	-17,1062	691347,1893	691347,1954	0,0061	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0032	12,5187	691347,2531	691347,2658	0,0127	H1
PE07 - 01 - RTK	663	0,0538	-8,6621	691448,4616	691448,6726	0,2110	H1
PE07 - 02 - RTK	600	0,0599	-38,0051	691446,6389	691446,8737	0,2349	H1
PE07 - 01 - NTRIP	596	0,0149	-14,5876	691448,7872	691448,8455	0,0583	H1
PE07 - 02 - NTRIP	636	0,1412	5,4427	691449,5251	691450,0786	0,5535	H1
PE07 - 01 - RTG	656	0,2465	8,8179	691450,7235	691451,6896	0,9661	H1
PE07 - 02 - RTG	373	0,0727	-30,1690	691446,6982	691446,9831	0,2849	H1
PE08 - 01 - RTK	509	0,0003	-228,4051	691639,8365	691639,8375	0,0010	H1
PE08 - 02 - RTK	1811	0,0068	118,9677	691640,6950	691640,7218	0,0268	H1
PE08 - 01 - NTRIP	607	0,0099	1,5080	691639,8901	691639,9289	0,0388	H0
PE08 - 02 - NTRIP	1792	0,0077	18,8188	691640,0241	691640,0542	0,0301	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	690	0,0106	-8,3701	691639,7853	691639,8268	0,0415	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	1003	0,0088	-68,0116	691390,6309	691390,6655	0,0346	H1
PE09 - 01 - NTRIP	833	0,0004	-68,0329	691391,2221	691391,2236	0,0015	H1
PE09 - 02 - NTRIP	577	0,0004	-53,1405	691391,2295	691391,2309	0,0014	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0004	-219,0510	691391,1564	691391,1580	0,0016	H1
PE09 - 02 - RTG	1288	0,0026	-69,3047	691391,0651	691391,0752	0,0101	H1
PE10 - 01 - RTK	616	0,0097	13,6474	691371,7914	691371,8294	0,0380	H1
PE10 - 02 - RTK	1121	0,0027	-261,4460	691370,9642	691370,9748	0,0106	H1
PE10 - 01 - NTRIP	599	0,0006	-144,0199	691371,5973	691371,5994	0,0022	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0003	-286,1831	691371,5864	691371,5876	0,0012	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0052	-58,3144	691371,3635	691371,3839	0,0205	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0046	-60,0416	691371,3904	691371,4086	0,0182	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 188 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro
boxplot – Comp N – 1ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro boxplot - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	646	0,0082	-15,5234	7467782,6109	7467782,6430	0,0321	H1
PE01 - 02 - RTK	1442	0,0007	-20,8367	7467782,7385	7467782,7412	0,0027	H1
PE01 - 01 - NTRIP	981	0,0003	75,4839	7467782,7793	7467782,7807	0,0014	H1
PE01 - 02 - NTRIP	562	0,0010	42,1431	7467782,7942	7467782,7981	0,0039	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0007	360,7988	7467782,9939	7467782,9965	0,0026	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0003	737,2592	7467783,0089	7467783,0102	0,0014	H1
PE02 - 01 - RTK	957	0,0021	-215,2161	7467851,5245	7467851,5327	0,0082	H1
PE02 - 02 - RTK	1087	0,0047	-116,0336	7467851,4321	7467851,4503	0,0182	H1
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0003	79,5434	7467852,0068	7467852,0081	0,0013	H1
PE02 - 02 - NTRIP	599	0,0007	47,6908	7467852,0120	7467852,0146	0,0027	H1
PE02 - 01 - RTG	791	0,0023	103,8739	7467852,2125	7467852,2214	0,0089	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0031	39,2312	7467852,0983	7467852,1107	0,0123	H1
PE03 - 01 - RTK	650	0,0313	-34,5021	7467881,9989	7467882,1217	0,1228	H1
PE03 - 02 - RTK	601	0,0904	-31,9505	7467880,0770	7467880,4312	0,3542	H1
PE03 - 01 - NTRIP	564	0,0239	0,3633	7467883,1029	7467883,1965	0,0936	H0
PE03 - 02 - NTRIP	603	0,1001	14,4844	7467884,3944	7467884,7866	0,3923	H1
PE03 - 01 - RTG	545	0,0096	4,2567	7467883,1631	7467883,2007	0,0377	H1
PE03 - 02 - RTG	1406	0,0439	3,5993	7467883,2130	7467883,3852	0,1722	H1
PE04 - 01 - RTK	1198	0,0002	-329,6794	7468009,1948	7468009,1954	0,0006	H1
PE04 - 02 - RTK	1502	0,0003	-187,3257	7468009,1847	7468009,1859	0,0013	H1
PE04 - 01 - NTRIP	420	0,0096	-5,7756	7468009,1716	7468009,2093	0,0377	H1
PE04 - 02 - NTRIP	613	0,0008	5,1706	7468009,2485	7468009,2516	0,0031	H1
PE04 - 01 - RTG	915	0,0053	55,4543	7468009,5296	7468009,5504	0,0208	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0124	50,3517	7468009,8472	7468009,8959	0,0487	H1
PE05 - 01 - RTK	664	0,0004	4,1411	7467957,0208	7467957,0223	0,0015	H1
PE05 - 02 - RTK	793	0,0427	-13,9111	7467956,3430	7467956,5102	0,1672	H1
PE05 - 01 - NTRIP	534	0,0011	-0,7248	7467957,0170	7467957,0214	0,0044	H0
PE05 - 02 - NTRIP	554	0,0006	90,6599	7467957,0741	7467957,0765	0,0024	H1
PE05 - 01 - RTG	739	0,0022	89,0858	7467957,2135	7467957,2222	0,0087	H1
PE05 - 02 - RTG	559	0,0004	545,0811	7467957,2439	7467957,2455	0,0016	H1
PE06 - 01 - RTK	946	0,0342	-84,6828	7468203,3746	7468203,5086	0,1339	H1
PE06 - 02 - RTK	977	0,0064	-287,6408	7468204,4699	7468204,4951	0,0252	H1
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	86,5492	7468206,3990	7468206,4019	0,0030	H1
PE06 - 02 - NTRIP	803	0,0014	24,4984	7468206,3662	7468206,3716	0,0054	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0005	434,0872	7468206,5536	7468206,5556	0,0020	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0012	186,1160	7468206,5506	7468206,5552	0,0046	H1
PE07 - 01 - RTK	663	0,1190	-23,4104	7468271,4362	7468271,9028	0,4666	H1
PE07 - 02 - RTK	600	0,0475	6,8210	7468274,6868	7468274,8729	0,1861	H1
PE07 - 01 - NTRIP	596	0,0683	-22,9448	7468272,7547	7468273,0225	0,2678	H1
PE07 - 02 - NTRIP	636	0,1695	4,8233	7468274,9415	7468275,6061	0,6646	H1
PE07 - 01 - RTG	656	0,3525	11,1497	7468277,6955	7468279,0773	1,3818	H1
PE07 - 02 - RTG	373	0,1787	-21,1449	7468270,3278	7468271,0282	0,7004	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 189 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp N – 2ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro boxplot - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estadística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE08 - 01 - RTK	509	0,0020	4,0019	7468058,1062	7468058,1140	0,0078	H1
PE08 - 02 - RTK	1811	0,0090	-125,0179	7468056,9651	7468057,0002	0,0351	H1
PE08 - 01 - NTRIP	607	0,0109	46,2060	7468058,5827	7468058,6253	0,0426	H1
PE08 - 02 - NTRIP	1792	0,0057	29,1464	7468058,2570	7468058,2793	0,0223	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	690	0,0050	83,9194	7468058,5150	7468058,5348	0,0197	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	1003	0,0085	-263,2848	7468166,4255	7468166,4589	0,0334	H1
PE09 - 01 - NTRIP	833	0,0003	-14,9461	7468168,6813	7468168,6827	0,0013	H1
PE09 - 02 - NTRIP	577	0,0004	10,0582	7468168,6902	7468168,6918	0,0016	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0002	976,1477	7468168,8987	7468168,8996	0,0009	H1
PE09 - 02 - RTG	1288	0,0037	16,1910	7468168,7392	7468168,7535	0,0144	H1
PE10 - 01 - RTK	616	0,0346	-9,1114	7468059,8321	7468059,9677	0,1356	H1
PE10 - 02 - RTK	1121	0,0092	-113,3808	7468059,1527	7468059,1888	0,0361	H1
PE10 - 01 - NTRIP	599	0,0009	54,8728	7468060,2618	7468060,2653	0,0035	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0004	111,8866	7468060,2598	7468060,2614	0,0016	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0045	42,7727	7468060,3988	7468060,4164	0,0177	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0029	127,4457	7468060,5734	7468060,5846	0,0112	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 190- Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp Alt – 1ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro boxplot - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estadística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	646	0,0594	-10,6957	-3,9312	-3,6984	0,2328	H1
PE01 - 02 - RTK	1444	0,0003	920,3796	-2,9221	-2,9210	0,0011	H1
PE01 - 01 - NTRIP	992	0,0009	291,2338	-2,9312	-2,9278	0,0034	H1
PE01 - 02 - NTRIP	571	0,0012	228,1344	-2,9085	-2,9038	0,0047	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0010	2466,9771	-0,6666	-0,6626	0,0040	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0012	2149,5996	-0,6907	-0,6862	0,0045	H1
PE02 - 01 - RTK	957	0,0080	160,2569	-3,1409	-3,1096	0,0313	H1
PE02 - 02 - RTK	1087	0,0049	-224,0352	-5,5102	-5,4911	0,0191	H1
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0012	408,8959	-3,9295	-3,9249	0,0046	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0015	305,2175	-3,9497	-3,9438	0,0059	H1
PE02 - 01 - RTG	805	0,0050	557,0079	-1,6274	-1,6078	0,0196	H1
PE02 - 02 - RTG	782	0,0024	1061,3654	-1,8278	-1,8183	0,0095	H1
PE03 - 01 - RTK	640	0,0956	32,7485	-0,7636	-0,3887	0,3749	H1
PE03 - 02 - RTK	568	0,4023	23,1840	4,8299	6,4069	1,5770	H1
PE03 - 01 - NTRIP	517	0,0142	19,1254	-3,4652	-3,4097	0,0555	H1
PE03 - 02 - NTRIP	603	0,2200	-11,0296	-6,5660	-5,7036	0,8624	H1
PE03 - 01 - RTG	545	0,0190	101,0926	-1,8294	-1,7551	0,0743	H1
PE03 - 02 - RTG	1406	0,0689	36,1509	-1,3512	-1,0810	0,2702	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 191 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro boxplot – Comp Alt – 2ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro boxplot - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE04 - 01 - RTK	1211	0,0003	226,7608	-3,9542	-3,9530	0,0012	H1
PE04 - 02 - RTK	1438	0,0003	235,1122	-3,9582	-3,9571	0,0011	H1
PE04 - 01 - NTRIP	579	0,0111	-11,0177	-4,1683	-4,1248	0,0435	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0038	3,2565	-4,0193	-4,0043	0,0150	H1
PE04 - 01 - RTG	915	0,0053	-228,9702	-5,2530	-5,2322	0,0209	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0304	111,2692	-0,7055	-0,5865	0,1190	H1
PE05 - 01 - RTK	666	0,0005	55,5286	-3,7955	-3,7935	0,0020	H1
PE05 - 02 - RTK	793	0,0442	16,2330	-3,1912	-3,0178	0,1734	H1
PE05 - 01 - NTRIP	563	0,0027	-12,5018	-3,8621	-3,8514	0,0108	H1
PE05 - 02 - NTRIP	560	0,0013	1,7516	-3,8227	-3,8177	0,0050	H0
PE05 - 01 - RTG	739	0,0033	661,6281	-1,6366	-1,6236	0,0130	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0009	2375,6852	-1,6007	-1,5971	0,0037	H1
PE06 - 01 - RTK	946	0,0489	21,7903	-3,4485	-3,2567	0,1918	H1
PE06 - 02 - RTK	977	0,0061	374,3156	-2,1362	-2,1122	0,0240	H1
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0013	54,8411	-4,3476	-4,3424	0,0053	H1
PE06 - 02 - NTRIP	825	0,0015	23,0939	-4,3877	-4,3820	0,0058	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0019	1109,6775	-2,3415	-2,3341	0,0074	H1
PE06 - 02 - RTG	1115	0,0013	1771,0086	-2,1333	-2,1282	0,0051	H1
PE07 - 01 - RTK	658	0,1188	-41,8735	8,1097	8,5754	0,4657	H1
PE07 - 02 - RTK	601	0,2290	21,0777	17,6954	18,5932	0,8978	H1
PE07 - 01 - NTRIP	600	0,0738	5,7851	13,5991	13,8882	0,2891	H1
PE07 - 02 - NTRIP	636	0,3560	-5,3285	10,7220	12,1177	1,3957	H1
PE07 - 01 - RTG	630	0,1749	7,4744	14,2813	14,9668	0,6855	H1
PE07 - 02 - RTG	371	0,6376	26,7404	29,1158	31,6150	2,4992	H1
PE08 - 01 - RTK	556	0,0011	-104,5833	-3,7177	-3,7134	0,0042	H1
PE08 - 02 - RTK	1861	0,0269	41,4041	-2,5399	-2,4343	0,1056	H1
PE08 - 01 - NTRIP	621	0,0413	23,3464	-2,7185	-2,5564	0,1621	H1
PE08 - 02 - NTRIP	1790	0,0155	17,2044	-3,3665	-3,3057	0,0607	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	687	0,0331	65,6700	-1,4962	-1,3666	0,1296	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	1011	0,0224	127,8141	-1,8658	-1,7780	0,0878	H1
PE09 - 01 - NTRIP	859	0,0012	1911,2583	-2,3976	-2,3929	0,0047	H1
PE09 - 02 - NTRIP	579	0,0016	1472,3409	-2,3290	-2,3227	0,0063	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0007	3187,0232	-2,3077	-2,3048	0,0029	H1
PE09 - 02 - RTG	1292	0,0053	395,6334	-2,5859	-2,5650	0,0209	H1
PE10 - 01 - RTK	491	0,0137	-1,5561	-3,8495	-3,7959	0,0536	H0
PE10 - 02 - RTK	1227	0,0240	69,2546	-2,1893	-2,0954	0,0939	H1
PE10 - 01 - NTRIP	634	0,0037	548,1496	-1,7776	-1,7631	0,0145	H1
PE10 - 02 - NTRIP	586	0,0008	2565,4209	-1,7449	-1,7418	0,0031	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0031	729,0763	-1,5739	-1,5619	0,0120	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0064	332,1663	-1,6875	-1,6624	0,0251	H1

FONTE: O autor (2015).

Da TABELA 192 à TABELA 197 pode-se verificar os resultados dos testes estatísticos efetuados nos levantamentos realizados utilizando a totalidade das soluções com a utilização do filtro de máscara.

TABELA 192 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp E – 1ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro de máscara - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
				Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE01 - 02 - RTK	1500	0,0004	-12,5613	691748,0646	691748,0661	0,0015	H1
PE01 - 01 - NTRIP	996	0,0004	-330,6360	691747,9489	691747,9503	0,0014	H1
PE01 - 02 - NTRIP	586	0,0006	-148,4478	691747,9872	691747,9894	0,0022	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0004	-443,8045	691747,8737	691747,8754	0,0017	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0008	-86,4909	691748,0036	691748,0065	0,0029	H1
PE02 - 01 - RTK	951	0,0011	-1041,2885	691876,8957	691876,9000	0,0043	H1
PE02 - 02 - RTK	321	0,0013	106,7236	691878,1746	691878,1796	0,0050	H1
PE02 - 01 - NTRIP	602	0,0004	-303,3136	691877,9270	691877,9285	0,0015	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0003	-294,3359	691877,9393	691877,9407	0,0013	H1
PE02 - 01 - RTG	444	0,0018	-116,2407	691877,8287	691877,8357	0,0070	H1
PE02 - 02 - RTG	294	0,0035	-74,0844	691877,7745	691877,7882	0,0137	H1
PE03 - 01 - RTK	5	0,0236	0	691953,4627	691953,6185	0,1558	H1
PE03 - 02 - RTK	4	0,0214	0	691955,0523	691955,1630	0,1107	H1
PE03 - 01 - NTRIP	43	0,0101	-52,1321	691957,3383	691957,3789	0,0406	H1
PE03 - 02 - NTRIP	13	0,0185	105	691959,9198	691960,0061	0,0863	H1
PE03 - 01 - RTG	91	0,0061	42,7437	691958,1329	691958,1569	0,0240	H1
PE03 - 02 - RTG	55	0,0083	184,6367	691959,4111	691959,4442	0,0331	H1
PE04 - 01 - RTK	1225	0,0002	432,6224	691613,4614	691613,4622	0,0008	H1
PE04 - 02 - RTK	1569	0,0002	334,6066	691613,4541	691613,4550	0,0009	H1
PE04 - 01 - NTRIP	454	0,0017	-29,4330	691613,3220	691613,3288	0,0067	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0005	-46,7054	691613,3503	691613,3524	0,0021	H1
PE04 - 01 - RTG	600	0,0020	-296,4286	691612,7673	691612,7753	0,0080	H1
PE04 - 02 - RTG	431	0,0021	-72,5645	691613,2193	691613,2275	0,0082	H1
PE05 - 01 - RTK	743	0,0006	-17,0901	691419,5965	691419,5989	0,0024	H1
PE05 - 02 - RTK	8	0,0157	45	691420,1585	691420,2403	0,0818	H1
PE05 - 01 - NTRIP	560	0,0008	-122,6694	691419,5128	691419,5158	0,0030	H1
PE05 - 02 - NTRIP	589	0,0009	-118,4119	691419,4968	691419,5005	0,0036	H1
PE05 - 01 - RTG	357	0,0018	66,7942	691419,7234	691419,7303	0,0070	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0005	-205,1765	691419,4948	691419,4969	0,0021	H1
PE06 - 01 - RTK	382	0,0032	92,9336	691347,5074	691347,5198	0,0124	H1
PE06 - 02 - RTK	665	0,0015	-330,8487	691346,7104	691346,7164	0,0060	H1
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	-83,8721	691347,1481	691347,1513	0,0032	H1
PE06 - 02 - NTRIP	854	0,0009	-86,8436	691347,1353	691347,1390	0,0037	H1
PE06 - 01 - RTG	615	0,0016	-6,2880	691347,2056	691347,2120	0,0064	H1
PE06 - 02 - RTG	375	0,0016	118,6684	691347,4087	691347,4151	0,0064	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 193 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp E – 2ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro de máscara - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
				Limite inferior	Limite superior		
PE07 - 01 - RTK	6	0,0247	28	691449,4016	691449,5184	0,1168	H1
PE07 - 02 - RTK	41	0,0084	-193,7081	691447,3835	691447,4174	0,0339	H1
PE07 - 01 - NTRIP	132	0,0047	-43,7825	691448,8171	691448,8356	0,0185	H1
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - RTK	540	0,0009	-59,8132	691639,8388	691639,8424	0,0035	H1
PE08 - 02 - RTK	585	0,0022	371,3924	691640,6972	691640,7057	0,0085	H1
PE08 - 01 - NTRIP	123	0,0059	-28,9883	691639,7113	691639,7345	0,0232	H1
PE08 - 02 - NTRIP	472	0,0017	-90,7456	691639,7377	691639,7443	0,0066	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	103	0,0026	92,7718	691640,1297	691640,1399	0,0103	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	176	0,0036	-202,2629	691390,5177	691390,5317	0,0140	H1
PE09 - 01 - NTRIP	837	0,0004	-64,0350	691391,2219	691391,2235	0,0016	H1
PE09 - 02 - NTRIP	586	0,0005	-38,3333	691391,2301	691391,2320	0,0018	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0004	-219,0510	691391,1564	691391,1580	0,0016	H1
PE09 - 02 - RTG	880	0,0020	-93,5236	691391,0554	691391,0634	0,0079	H1
PE10 - 01 - RTK	380	0,0023	12,6564	691371,7023	691371,7112	0,0089	H1
PE10 - 02 - RTK	468	0,0011	-568,9731	691371,0371	691371,0415	0,0044	H1
PE10 - 01 - NTRIP	621	0,0007	-105,4511	691371,5976	691371,6006	0,0029	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0003	-286,1831	691371,5864	691371,5876	0,0012	H1
PE10 - 01 - RTG	171	0,0038	-134,2072	691371,1613	691371,1762	0,0149	H1
PE10 - 02 - RTG	167	0,0037	-119,2149	691371,2279	691371,2425	0,0146	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 194 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp N – 1ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro de máscara - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
				Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE01 - 02 - RTK	1500	0,0008	-17,2084	7467782,7388	7467782,7419	0,0031	H1
PE01 - 01 - NTRIP	996	0,0004	70,1585	7467782,7791	7467782,7806	0,0014	H1
PE01 - 02 - NTRIP	586	0,0016	25,4223	7467782,7916	7467782,7979	0,0063	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0007	360,7988	7467782,9939	7467782,9965	0,0026	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0003	737,2592	7467783,0089	7467783,0102	0,0014	H1
PE02 - 01 - RTK	951	0,0021	-215,0546	7467851,5251	7467851,5333	0,0082	H1
PE02 - 02 - RTK	321	0,0028	-255,7769	7467851,2578	7467851,2688	0,0110	H1
PE02 - 01 - NTRIP	602	0,0008	31,9836	7467852,0051	7467852,0083	0,0032	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0007	47,8672	7467852,0120	7467852,0147	0,0026	H1
PE02 - 01 - RTG	444	0,0030	78,0673	7467852,2108	7467852,2227	0,0118	H1
PE02 - 02 - RTG	294	0,0054	6,7398	7467852,0066	7467852,0277	0,0210	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 195 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp N – 2ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro de máscara - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE03 - 01 - RTK	5	0,2172	0	7467880,2970	7467881,6160	1,3191	H1
PE03 - 02 - RTK	4	0,9546	3	7467879,8480	7467884,0640	4,2153	H0
PE03 - 01 - NTRIP	43	0,1671	-0,1827	7467882,7829	7467883,4381	0,6552	H0
PE03 - 02 - NTRIP	13	0,1621	55	7467885,7100	7467886,3710	0,6541	H0
PE03 - 01 - RTG	91	0,0050	-46,9256	7467882,8963	7467882,9162	0,0199	H1
PE03 - 02 - RTG	55	0,0889	12,6597	7467884,0899	7467884,4426	0,3527	H1
PE04 - 01 - RTK	1225	0,0002	-245,0856	7468009,1945	7468009,1953	0,0008	H1
PE04 - 02 - RTK	1569	0,0004	-160,5766	7468009,1847	7468009,1862	0,0015	H1
PE04 - 01 - NTRIP	454	0,0098	-6,3637	7468009,1640	7468009,2026	0,0386	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0008	5,7087	7468009,2490	7468009,2522	0,0032	H1
PE04 - 01 - RTG	600	0,0063	40,7837	7468009,4900	7468009,5147	0,0246	H1
PE04 - 02 - RTG	431	0,0157	42,8794	7468009,8879	7468009,9494	0,0615	H1
PE05 - 01 - RTK	743	0,0013	1,8089	7467957,0198	7467957,0250	0,0052	H0
PE05 - 02 - RTK	8	0,0328	45	7467957,5460	7467957,7100	0,1637	H1
PE05 - 01 - NTRIP	560	0,0014	0,6386	7467957,0181	7467957,0237	0,0055	H0
PE05 - 02 - NTRIP	589	0,0008	70,6484	7467957,0736	7467957,0766	0,0031	H1
PE05 - 01 - RTG	357	0,0028	59,1314	7467957,1777	7467957,1885	0,0108	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0004	524,3463	7467957,2441	7467957,2458	0,0017	H1
PE06 - 01 - RTK	382	0,0628	-40,0494	7468203,6985	7468203,9445	0,2460	H1
PE06 - 02 - RTK	665	0,0071	-258,7316	7468204,4879	7468204,5156	0,0278	H1
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	86,5492	7468206,3990	7468206,4019	0,0030	H1
PE06 - 02 - NTRIP	854	0,0022	9,6342	7468206,3518	7468206,3603	0,0086	H1
PE06 - 01 - RTG	615	0,0007	336,6986	7468206,5542	7468206,5568	0,0026	H1
PE06 - 02 - RTG	375	0,0037	57,5248	7468206,5384	7468206,5528	0,0144	H1
PE07 - 01 - RTK	6	0,6055	0	7468267,7970	7468270,9290	3,1316	H1
PE07 - 02 - RTK	41	0,2058	0,4958	7468274,1447	7468274,9716	0,8269	H0
PE07 - 01 - NTRIP	132	0,1167	-10,7415	7468272,9738	7468273,4312	0,4575	H1
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - RTK	540	0,0029	-1,5142	7468058,0921	7468058,1035	0,0114	H0
PE08 - 02 - RTK	585	0,0141	-79,5426	7468056,9521	7468057,0074	0,0553	H1
PE08 - 01 - NTRIP	123	0,0162	41,2743	7468058,7408	7468058,8045	0,0637	H1
PE08 - 02 - NTRIP	472	0,0083	8,3934	7468058,1554	7468058,1878	0,0324	H1
PE08 - 02 - RTG	103	0,0115	39,8617	7468058,5391	7468058,5848	0,0457	H1
PE09 - 02 - RTK	176	0,0245	-90,2454	7468166,4287	7468166,5247	0,0960	H1
PE09 - 01 - NTRIP	837	0,0003	-14,8631	7468168,6814	7468168,6827	0,0013	H1
PE09 - 02 - NTRIP	586	0,0004	8,2616	7468168,6898	7468168,6915	0,0017	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0002	976,1477	7468168,8987	7468168,8996	0,0009	H1
PE09 - 02 - RTG	880	0,0039	16,4392	7468168,7429	7468168,7580	0,0151	H1
PE10 - 01 - RTK	380	0,0122	-5,1281	7468060,1282	7468060,1762	0,0480	H1
PE10 - 02 - RTK	468	0,0089	-132,3014	7468059,0166	7468059,0516	0,0350	H1
PE10 - 01 - NTRIP	621	0,0010	49,2187	7468060,2616	7468060,2654	0,0039	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0004	111,8866	7468060,2598	7468060,2614	0,0016	H1
PE10 - 01 - RTG	171	0,0050	1,9786	7468060,2151	7468060,2346	0,0195	H1
PE10 - 02 - RTG	167	0,0059	63,7301	7468060,5767	7468060,5997	0,0230	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 196 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp Alt – 1ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro de máscara - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
				Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE01 - 02 - RTK	1030	0,0006	445,7527	-2,9188	-2,9165	0,0023	H1
PE01 - 01 - NTRIP	986	0,0008	301,7959	-2,9315	-2,9283	0,0032	H1
PE01 - 02 - NTRIP	511	0,0011	258,0330	-2,9028	-2,8985	0,0042	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0010	2466,9771	-0,6666	-0,6626	0,0040	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0012	2149,5996	-0,6907	-0,6862	0,0045	H1
PE02 - 01 - RTK	549	0,0098	124,8103	-3,1981	-3,1596	0,0386	H1
PE02 - 02 - RTK	513	0,0043	-248,2332	-5,4808	-5,4640	0,0168	H1
PE02 - 01 - NTRIP	598	0,0011	421,8900	-3,9293	-3,9248	0,0045	H1
PE02 - 02 - NTRIP	599	0,0015	308,4521	-3,9497	-3,9438	0,0058	H1
PE02 - 01 - RTG	488	0,0031	912,0393	-1,6164	-1,6044	0,0120	H1
PE02 - 02 - RTG	716	0,0025	1034,7117	-1,8279	-1,8181	0,0098	H1
PE03 - 01 - RTK	24	0,3174	325	-2,0000	-0,8005	1,1991	H1
PE03 - 02 - RTK	6	0,5860	28	7,2248	10,0900	2,8652	H1
PE03 - 01 - NTRIP	168	0,0096	25,8501	-3,4786	-3,4409	0,0377	H1
PE03 - 02 - NTRIP	3	0,7370	0	-8,4984	-4,9927	3,5057	H1
PE03 - 01 - RTG	107	0,0293	66,2349	-1,8264	-1,7105	0,1160	H1
PE03 - 02 - RTG	57	0,1288	22,3993	-1,0778	-0,5665	0,5113	H1
PE04 - 01 - RTK	1214	0,0003	215,0531	-3,9542	-3,9530	0,0013	H1
PE04 - 02 - RTK	1504	0,0005	144,5133	-3,9581	-3,9563	0,0018	H1
PE04 - 01 - NTRIP	209	0,0180	-9,0289	-4,2226	-4,1519	0,0707	H1
PE04 - 02 - NTRIP	468	0,0031	8,1068	-4,0051	-3,9929	0,0122	H1
PE04 - 01 - RTG	568	0,0040	-291,2165	-5,1949	-5,1792	0,0157	H1
PE04 - 02 - RTG	108	0,0455	68,2837	-1,0063	-0,8260	0,1803	H1
PE05 - 01 - RTK	670	0,0009	35,1736	-3,7913	-3,7877	0,0037	H1
PE05 - 02 - RTK	69	0,0327	3,0095	-3,7888	-3,6590	0,1299	H1
PE05 - 01 - NTRIP	438	0,0021	-24,0162	-3,8769	-3,8687	0,0082	H1
PE05 - 02 - NTRIP	551	0,0011	2,4533	-3,8218	-3,8174	0,0045	H1
PE05 - 01 - RTG	643	0,0031	703,7557	-1,6390	-1,6268	0,0122	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0009	2375,6852	-1,6007	-1,5971	0,0037	H1
PE06 - 01 - RTK	22	0,0079	276	-2,7222	-2,6866	0,0355	H1
PE06 - 02 - RTK	497	0,0064	353,9734	-2,1538	-2,1286	0,0252	H1
PE06 - 01 - NTRIP	605	0,0013	57,1295	-4,3469	-4,3418	0,0051	H1
PE06 - 02 - NTRIP	784	0,0011	27,3300	-4,3903	-4,3859	0,0044	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0019	1109,6775	-2,3415	-2,3341	0,0074	H1
PE06 - 02 - RTG	493	0,0027	853,0596	-2,1524	-2,1419	0,0104	H1
PE07 - 01 - RTK	25	0,2801	0	7,2011	8,4427	1,2417	H1
PE07 - 02 - RTK	13	0,4263	105	17,5938	19,9136	2,3198	H1
PE07 - 01 - NTRIP	25	0,0890	312	13,6333	14,0945	0,4612	H1
PE07 - 02 - NTRIP	6	2,6989	14	2,9781	18,3980	15,4199	H0
PE07 - 01 - RTG	7	0,0235	36	13,6260	13,7470	0,1210	H1
PE07 - 02 - RTG	x	x	x	x	x	x	x

FONTE: O autor (2015).

TABELA 197 - Testes estatísticos dos levantamentos com a totalidade das soluções e uso do filtro de máscara – Comp Alt – 2ª parte.

Testes estatísticos - totalidade das soluções - filtro de máscara - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE08 - 01 - RTK	534	0,0012	-84,9033	-3,7110	-3,7061	0,0049	H1
PE08 - 02 - RTK	236	0,0456	27,9698	-2,4155	-2,2366	0,1789	H1
PE08 - 01 - NTRIP	62	0,0348	27,5192	-2,7137	-2,5755	0,1381	H1
PE08 - 02 - NTRIP	196	0,0105	23,2887	-3,3796	-3,3386	0,0410	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	100	0,0573	41,0086	-1,3655	-1,1385	0,2270	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	52	0,0630	48,6629	-1,7469	-1,4961	0,2498	H1
PE09 - 01 - NTRIP	848	0,0011	2082,4880	-2,3968	-2,3925	0,0043	H1
PE09 - 02 - NTRIP	563	0,0014	1680,4783	-2,3283	-2,3228	0,0055	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0007	3187,0232	-2,3077	-2,3048	0,0029	H1
PE09 - 02 - RTG	1000	0,0044	494,2521	-2,5177	-2,5005	0,0173	H1
PE10 - 01 - RTK	120	0,0086	-6,0894	-3,8708	-3,8370	0,0338	H1
PE10 - 02 - RTK	216	0,0032	601,3512	-1,9120	-1,8996	0,0124	H1
PE10 - 01 - NTRIP	538	0,0031	664,4143	-1,7729	-1,7609	0,0120	H1
PE10 - 02 - NTRIP	576	0,0009	2363,8259	-1,7453	-1,7419	0,0034	H1
PE10 - 01 - RTG	621	0,0028	780,8202	-1,5828	-1,5717	0,0112	H1
PE10 - 02 - RTG	548	0,0060	353,1049	-1,6820	-1,6583	0,0237	H1

FONTE: O autor (2015).

Da TABELA 198 à TABELA 203 pode-se verificar os resultados dos testes estatísticos efetuados nos levantamentos realizados utilizando as soluções fase e o filtro boxplot.

TABELA 198 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp E – 1ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro boxplot - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	139	0,0007	9,4901	691748,0751	691748,0778	0,0027	H1
PE01 - 02 - RTK	1421	0,0001	-107,5371	691748,0631	691748,0634	0,0002	H1
PE01 - 01 - NTRIP	980	0,0003	-423,7709	691747,9499	691747,9510	0,0011	H1
PE01 - 02 - NTRIP	560	0,0003	-237,2616	691747,9882	691747,9896	0,0013	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0004	-443,8045	691747,8737	691747,8754	0,0017	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0008	-86,4909	691748,0036	691748,0065	0,0029	H1
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0004	-319,6798	691877,9269	691877,9283	0,0014	H1
PE02 - 02 - NTRIP	599	0,0003	-303,0579	691877,9393	691877,9406	0,0013	H1
PE02 - 01 - RTG	791	0,0023	-81,1875	691877,8519	691877,8607	0,0089	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0026	-68,6042	691877,8565	691877,8667	0,0102	H1
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x

FONTE: O autor (2015).

TABELA 199 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp E – 2ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro boxplot - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE03 - 01 - NTRIP	339	0,0012	-84,6088	691957,7818	691957,7865	0,0047	H1
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	545	0,0088	-2,1119	691957,8501	691957,8847	0,0345	H1
PE03 - 02 - RTG	1245	0,0113	141,4894	691959,4675	691959,5119	0,0444	H1
PE04 - 01 - RTK	1198	0,0001	1067,8880	691613,4613	691613,4616	0,0003	H1
PE04 - 02 - RTK	1496	0,0001	675,5945	691613,4549	691613,4553	0,0005	H1
PE04 - 01 - NTRIP	327	0,0004	-88,5890	691613,3396	691613,3412	0,0016	H1
PE04 - 02 - NTRIP	613	0,0004	-56,4393	691613,3498	691613,3515	0,0018	H1
PE04 - 01 - RTG	13	0,0009	105	691613,4560	691613,4605	0,0045	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0033	-58,5870	691613,1737	691613,1868	0,0131	H1
PE05 - 01 - RTK	664	0,0002	-60,9279	691419,5983	691419,5989	0,0006	H1
PE05 - 02 - RTK	329	0,0012	-9,2912	691419,5947	691419,5993	0,0047	H1
PE05 - 01 - NTRIP	519	0,0004	-256,7561	691419,5168	691419,5182	0,0014	H1
PE05 - 02 - NTRIP	552	0,0005	-224,3293	691419,4944	691419,4964	0,0020	H1
PE05 - 01 - RTG	739	0,0021	31,8077	691419,6707	691419,6789	0,0082	H1
PE05 - 02 - RTG	559	0,0005	-222,5940	691419,4953	691419,4973	0,0020	H1
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	-83,8721	691347,1481	691347,1513	0,0032	H1
PE06 - 02 - NTRIP	741	0,0004	-218,9423	691347,1296	691347,1312	0,0016	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0016	-17,1062	691347,1893	691347,1954	0,0061	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0032	12,5187	691347,2531	691347,2658	0,0127	H1
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	656	0,2465	8,8179	691450,7235	691451,6896	0,9661	H1
PE07 - 02 - RTG	193	2,7783	-8,7337	691419,3226	691430,2137	10,8911	H1
PE08 - 01 - RTK	496	0,0002	-264,7759	691639,8367	691639,8375	0,0009	H1
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	69	0,0014	248,2299	691640,2351	691640,2406	0,0055	H1
PE08 - 02 - NTRIP	401	0,0015	-96,0174	691639,7458	691639,7517	0,0060	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	660	0,0108	-9,3151	691639,7727	691639,8151	0,0424	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	833	0,0004	-68,0329	691391,2221	691391,2236	0,0015	H1
PE09 - 02 - NTRIP	577	0,0004	-53,1405	691391,2295	691391,2309	0,0014	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0004	-219,0510	691391,1564	691391,1580	0,0016	H1
PE09 - 02 - RTG	1288	0,0026	-69,3047	691391,0651	691391,0752	0,0101	H1
PE10 - 01 - RTK	274	0,0005	8,3958	691371,6811	691371,6830	0,0019	H1
PE10 - 02 - RTK	40	0,0012	0,8111	691371,6765	691371,6814	0,0049	H0
PE10 - 01 - NTRIP	598	0,0006	-143,9450	691371,5972	691371,5994	0,0022	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0003	-286,1831	691371,5864	691371,5876	0,0012	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0052	-58,3144	691371,3635	691371,3839	0,0205	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0046	-60,0416	691371,3904	691371,4086	0,0182	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 200 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp N – 1ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro boxplot - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	139	0,0022	-1,3752	7467782,7467	7467782,7553	0,0086	H0
PE01 - 02 - RTK	1421	0,0001	-178,2984	7467782,7367	7467782,7371	0,0004	H1
PE01 - 01 - NTRIP	980	0,0003	83,0767	7467782,7793	7467782,7805	0,0012	H1
PE01 - 02 - NTRIP	560	0,0005	94,9915	7467782,7962	7467782,7980	0,0018	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0007	360,7988	7467782,9939	7467782,9965	0,0026	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0003	737,2592	7467783,0089	7467783,0102	0,0014	H1
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0003	79,5434	7467852,0068	7467852,0081	0,0013	H1
PE02 - 02 - NTRIP	599	0,0007	47,6908	7467852,0120	7467852,0146	0,0027	H1
PE02 - 01 - RTG	791	0,0023	103,8739	7467852,2125	7467852,2214	0,0089	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0031	39,2312	7467852,0983	7467852,1107	0,0123	H1
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	339	0,0008	55,4276	7467883,1821	7467883,1851	0,0030	H1
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	545	0,0096	4,2567	7467883,1631	7467883,2007	0,0377	H1
PE03 - 02 - RTG	1245	0,0327	18,2491	7467883,6737	7467883,8019	0,1282	H1
PE04 - 01 - RTK	1198	0,0002	-329,6794	7468009,1948	7468009,1954	0,0006	H1
PE04 - 02 - RTK	1496	0,0003	-195,3436	7468009,1845	7468009,1857	0,0012	H1
PE04 - 01 - NTRIP	327	0,0006	-1,9907	7468009,2436	7468009,2460	0,0024	H1
PE04 - 02 - NTRIP	613	0,0008	5,1706	7468009,2485	7468009,2516	0,0031	H1
PE04 - 01 - RTG	13	0,0010	105	7468010,0150	7468010,2090	0,0059	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0124	50,3517	7468009,8472	7468009,8959	0,0487	H1
PE05 - 01 - RTK	664	0,0004	4,1411	7467957,0208	7467957,0223	0,0015	H1
PE05 - 02 - RTK	329	0,0019	7,0057	7467957,0296	7467957,0371	0,0075	H1
PE05 - 01 - NTRIP	519	0,0010	0,0359	7467957,0182	7467957,0219	0,0038	H0
PE05 - 02 - NTRIP	552	0,0006	91,5793	7467957,0741	7467957,0765	0,0024	H1
PE05 - 01 - RTG	739	0,0022	89,0858	7467957,2135	7467957,2222	0,0087	H1
PE05 - 02 - RTG	559	0,0004	545,0811	7467957,2439	7467957,2455	0,0016	H1
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	86,5492	7468206,3990	7468206,4019	0,0030	H1
PE06 - 02 - NTRIP	741	0,0005	96,1603	7468206,3774	7468206,3792	0,0018	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0005	434,0872	7468206,5536	7468206,5556	0,0020	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0012	186,1160	7468206,5506	7468206,5552	0,0046	H1
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	656	0,3525	11,1497	7468277,6955	7468279,0773	1,3818	H1
PE07 - 02 - RTG	193	1,2133	1,4862	7468273,8813	7468278,6374	4,7561	H0

FONTE: O autor (2015).

TABELA 201 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp N – 2ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro boxplot - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
PE08 - 01 - RTK	496	0,0002	92,0467	7468058,1170	7468058,1177	0,0006	H1
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	69	0,0012	295,8001	7468058,4673	7468058,4722	0,0049	H1
PE08 - 02 - NTRIP	401	0,0021	25,3081	7468058,1519	7468058,1602	0,0083	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	660	0,0047	93,0479	7468058,5280	7468058,5464	0,0183	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	833	0,0003	-14,9461	7468168,6813	7468168,6827	0,0013	H1
PE09 - 02 - NTRIP	577	0,0004	10,0582	7468168,6902	7468168,6918	0,0016	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0002	976,1477	7468168,8987	7468168,8996	0,0009	H1
PE09 - 02 - RTG	1288	0,0037	16,1910	7468168,7392	7468168,7535	0,0144	H1
PE10 - 01 - RTK	274	0,0016	-6,1326	7468060,2021	7468060,2084	0,0062	H1
PE10 - 02 - RTK	40	0,0020	-2,6153	7468060,2059	7468060,2138	0,0079	H1
PE10 - 01 - NTRIP	598	0,0009	55,7641	7468060,2620	7468060,2654	0,0034	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0004	111,8866	7468060,2598	7468060,2614	0,0016	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0045	42,7727	7468060,3988	7468060,4164	0,0177	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0029	127,4457	7468060,5734	7468060,5846	0,0112	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 202 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp Alt – 1ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro boxplot - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
PE01 - 01 - RTK	136	0,0031	75,9056	-2,9486	-2,9363	0,0122	H1
PE01 - 02 - RTK	1427	0,0003	979,3566	-2,9219	-2,9208	0,0010	H1
PE01 - 01 - NTRIP	987	0,0008	298,9102	-2,9311	-2,9278	0,0033	H1
PE01 - 02 - NTRIP	570	0,0012	230,7764	-2,9087	-2,9041	0,0046	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0010	2466,9771	-0,6666	-0,6626	0,0040	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0012	2149,5996	-0,6907	-0,6862	0,0045	H1
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0012	408,8959	-3,9295	-3,9249	0,0046	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0015	305,2175	-3,9497	-3,9438	0,0059	H1
PE02 - 01 - RTG	805	0,0050	557,0079	-1,6274	-1,6078	0,0196	H1
PE02 - 02 - RTG	782	0,0024	1061,3654	-1,8278	-1,8183	0,0095	H1
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	339	0,0060	41,6675	-3,4716	-3,4482	0,0234	H1
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	545	0,0190	101,0926	-1,8294	-1,7551	0,0743	H1
PE03 - 02 - RTG	1245	0,0728	35,2296	-1,2872	-1,0020	0,2853	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 203 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro boxplot – Comp Alt – 2ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro boxplot - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
PE04 - 01 - RTK	1211	0,0003	226,7608	-3,9542	-3,9530	0,0012	H1
PE04 - 02 - RTK	1433	0,0003	236,3305	-3,9582	-3,9571	0,0011	H1
PE04 - 01 - NTRIP	326	0,0014	54,4448	-3,9482	-3,9426	0,0057	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0038	3,2565	-4,0193	-4,0043	0,0150	H1
PE04 - 01 - RTG	13	0,0010	105	-2,3900	-2,3860	0,0040	H1
PE04 - 02 - RTG	647	0,0304	111,2692	-0,7055	-0,5865	0,1190	H1
PE05 - 01 - RTK	662	0,0005	56,8860	-3,7957	-3,7938	0,0019	H1
PE05 - 02 - RTK	325	0,0034	11,2803	-3,7904	-3,7769	0,0135	H1
PE05 - 01 - NTRIP	525	0,0024	-15,2636	-3,8642	-3,8547	0,0095	H1
PE05 - 02 - NTRIP	555	0,0012	1,7621	-3,8226	-3,8179	0,0047	H0
PE05 - 01 - RTG	739	0,0033	661,6281	-1,6366	-1,6236	0,0130	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0009	2375,6852	-1,6007	-1,5971	0,0037	H1
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0013	54,8411	-4,3476	-4,3424	0,0053	H1
PE06 - 02 - NTRIP	742	0,0010	27,5775	-4,3929	-4,3889	0,0040	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0019	1109,6775	-2,3415	-2,3341	0,0074	H1
PE06 - 02 - RTG	1115	0,0013	1771,0086	-2,1333	-2,1282	0,0051	H1
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	630	0,1749	7,4744	14,2813	14,9668	0,6855	H1
PE07 - 02 - RTG	193	25,0163	-8,0037	-235,9372	-137,8735	98,0637	H1
PE08 - 01 - RTK	497	0,0008	-144,3504	-3,7144	-3,7114	0,0030	H1
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	69	0,0029	932,6404	-0,8675	-0,8559	0,0117	H1
PE08 - 02 - NTRIP	401	0,0034	-22,2248	-3,6861	-3,6726	0,0135	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	658	0,0315	67,0952	-1,5538	-1,4305	0,1233	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	837	0,0011	2042,1298	-2,3960	-2,3916	0,0044	H1
PE09 - 02 - NTRIP	577	0,0016	1499,9566	-2,3285	-2,3223	0,0062	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0007	3187,0232	-2,3077	-2,3048	0,0029	H1
PE09 - 02 - RTG	1292	0,0053	395,6334	-2,5859	-2,5650	0,0209	H1
PE10 - 01 - RTK	265	0,0013	-24,7505	-3,8372	-3,8320	0,0053	H1
PE10 - 02 - RTK	48	0,0042	1,5992	-3,8030	-3,7864	0,0166	H0
PE10 - 01 - NTRIP	631	0,0036	561,2249	-1,7769	-1,7627	0,0142	H1
PE10 - 02 - NTRIP	586	0,0008	2565,4209	-1,7449	-1,7418	0,0031	H1
PE10 - 01 - RTG	664	0,0031	729,0763	-1,5739	-1,5619	0,0120	H1
PE10 - 02 - RTG	799	0,0064	332,1663	-1,6875	-1,6624	0,0251	H1

FONTE: O autor (2015).

Da TABELA 204 a TABELA 209 pode-se verificar os resultados dos testes estatísticos efetuados nos levantamentos realizados utilizando as soluções fase e o filtro de máscara.

TABELA 204 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp E – 1ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro de máscara - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	151	0,0013	2,9665	691748,0713	691748,0762	0,0049	H1
PE01 - 02 - RTK	1463	0,0002	-25,4222	691748,0640	691748,0648	0,0009	H1
PE01 - 01 - NTRIP	995	0,0004	-330,7413	691747,9489	691747,9503	0,0014	H1
PE01 - 02 - NTRIP	577	0,0005	-174,9989	691747,9880	691747,9898	0,0018	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0004	-443,8045	691747,8737	691747,8754	0,0017	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0008	-86,4909	691748,0036	691748,0065	0,0029	H1
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0004	-319,6798	691877,9269	691877,9283	0,0014	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0003	-294,3359	691877,9393	691877,9407	0,0013	H1
PE02 - 01 - RTG	756	0,0017	-102,4036	691877,8624	691877,8691	0,0067	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0026	-68,6042	691877,8565	691877,8667	0,0102	H1
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	339	0,0012	-84,6088	691957,7818	691957,7865	0,0047	H1
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	311	0,0103	-2,6378	691957,8384	691957,8790	0,0406	H1
PE03 - 02 - RTG	110	0,0220	73,3479	691959,4596	691959,5460	0,0864	H1
PE04 - 01 - RTK	1225	0,0002	432,6224	691613,4614	691613,4622	0,0008	H1
PE04 - 02 - RTK	1555	0,0002	383,4040	691613,4542	691613,4550	0,0008	H1
PE04 - 01 - NTRIP	327	0,0004	-88,5890	691613,3396	691613,3412	0,0016	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0005	-46,7054	691613,3503	691613,3524	0,0021	H1
PE04 - 01 - RTG	13	0,0009	105	691613,4560	691613,4605	0,0045	H1
PE04 - 02 - RTG	540	0,0028	-68,6223	691613,1757	691613,1869	0,0111	H1
PE05 - 01 - RTK	734	0,0005	-18,2409	691419,5973	691419,5994	0,0021	H1
PE05 - 02 - RTK	348	0,0015	-7,1012	691419,5941	691419,6001	0,0060	H1
PE05 - 01 - NTRIP	528	0,0005	-187,4608	691419,5160	691419,5179	0,0019	H1
PE05 - 02 - NTRIP	570	0,0007	-164,2687	691419,4936	691419,4963	0,0027	H1
PE05 - 01 - RTG	737	0,0021	31,8260	691419,6703	691419,6785	0,0082	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0005	-205,1765	691419,4948	691419,4969	0,0021	H1
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	-83,8721	691347,1481	691347,1513	0,0032	H1
PE06 - 02 - NTRIP	742	0,0004	-216,2825	691347,1296	691347,1312	0,0016	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0016	-17,1062	691347,1893	691347,1954	0,0061	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0032	12,5187	691347,2531	691347,2658	0,0127	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 205 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp E – 2ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro de máscara - Componente E							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
				Limite inferior	Limite superior		
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	20	0,2423	60	691448,2720	691449,5285	1,2565	H0
PE07 - 02 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - RTK	497	0,0002	-255,2598	691639,8366	691639,8375	0,0009	H1
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	69	0,0014	248,2299	691640,2351	691640,2406	0,0055	H1
PE08 - 02 - NTRIP	400	0,0015	-96,6915	691639,7460	691639,7519	0,0059	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	340	0,0117	-1,0962	691639,8589	691639,9047	0,0458	H0
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	837	0,0004	-64,0350	691391,2219	691391,2235	0,0016	H1
PE09 - 02 - NTRIP	586	0,0005	-38,3333	691391,2301	691391,2320	0,0018	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0004	-219,0510	691391,1564	691391,1580	0,0016	H1
PE09 - 02 - RTG	990	0,0020	-83,1295	691391,0786	691391,0864	0,0079	H1
PE10 - 01 - RTK	310	0,0011	6,8950	691371,6836	691371,6881	0,0045	H1
PE10 - 02 - RTK	59	0,0048	-0,0980	691371,6679	691371,6871	0,0192	H0
PE10 - 01 - NTRIP	622	0,0008	-100,9871	691371,5979	691371,6009	0,0031	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0003	-286,1831	691371,5864	691371,5876	0,0012	H1
PE10 - 01 - RTG	649	0,0053	-57,7312	691371,3611	691371,3820	0,0208	H1
PE10 - 02 - RTG	776	0,0047	-58,4378	691371,3938	691371,4123	0,0184	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 206 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp N – 1ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro de máscara - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
				Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	151	0,0025	-2,7513	7467782,7423	7467782,7520	0,0097	H1
PE01 - 02 - RTK	1463	0,0001	-117,1077	7467782,7365	7467782,7370	0,0006	H1
PE01 - 01 - NTRIP	995	0,0003	75,9401	7467782,7791	7467782,7804	0,0013	H1
PE01 - 02 - NTRIP	577	0,0005	80,9800	7467782,7961	7467782,7982	0,0021	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0007	360,7988	7467782,9939	7467782,9965	0,0026	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0003	737,2592	7467783,0089	7467783,0102	0,0014	H1
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	601	0,0003	79,5434	7467852,0068	7467852,0081	0,0013	H1
PE02 - 02 - NTRIP	601	0,0007	47,8672	7467852,0120	7467852,0147	0,0026	H1
PE02 - 01 - RTG	756	0,0017	143,8744	7467852,2231	7467852,2298	0,0067	H1
PE02 - 02 - RTG	833	0,0031	39,2312	7467852,0983	7467852,1107	0,0123	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 207 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp N – 2ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro de máscara - Componente N							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste t ou v calc.	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
				Limite inferior	Limite superior		
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	339	0,0008	55,4276	7467883,1821	7467883,1851	0,0030	H1
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	311	0,0142	2,1984	7467883,1444	7467883,2000	0,0556	H1
PE03 - 02 - RTG	110	0,0912	4,5863	7467883,3788	7467883,7401	0,3613	H1
PE04 - 01 - RTK	1225	0,0002	-245,0856	7468009,1945	7468009,1953	0,0008	H1
PE04 - 02 - RTK	1555	0,0004	-173,7144	7468009,1844	7468009,1857	0,0014	H1
PE04 - 01 - NTRIP	327	0,0006	-1,9907	7468009,2436	7468009,2460	0,0024	H1
PE04 - 02 - NTRIP	619	0,0008	5,7087	7468009,2490	7468009,2522	0,0032	H1
PE04 - 01 - RTG	13	0,0010	105	7468010,0150	7468010,0209	0,0059	H1
PE04 - 02 - RTG	540	0,0132	46,4722	7468009,8329	7468009,8846	0,0517	H1
PE05 - 01 - RTK	734	0,0009	3,1144	7467957,0211	7467957,0248	0,0037	H1
PE05 - 02 - RTK	348	0,0020	8,1818	7467957,0326	7467957,0405	0,0079	H1
PE05 - 01 - NTRIP	528	0,0010	-0,0308	7467957,0180	7467957,0219	0,0039	H0
PE05 - 02 - NTRIP	570	0,0008	71,6071	7467957,0747	7467957,0778	0,0031	H1
PE05 - 01 - RTG	737	0,0022	91,6395	7467957,2129	7467957,2213	0,0084	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0004	524,3463	7467957,2441	7467957,2458	0,0017	H1
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	608	0,0008	86,5492	7468206,3990	7468206,4019	0,0030	H1
PE06 - 02 - NTRIP	742	0,0005	96,0592	7468206,3774	7468206,3792	0,0018	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0005	434,0872	7468206,5536	7468206,5556	0,0020	H1
PE06 - 02 - RTG	1330	0,0012	186,1160	7468206,5506	7468206,5552	0,0046	H1
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	20	0,4078	231	7468272,9450	7468274,858	1,9120	H0
PE07 - 02 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - RTK	497	0,0002	90,0638	7468058,1170	7468058,1176	0,0007	H1
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	69	0,0012	295,8001	7468058,4673	7468058,4722	0,0049	H1
PE08 - 02 - NTRIP	400	0,0021	25,3055	7468058,1520	7468058,1603	0,0084	H1
PE08 - 02 - RTG	340	0,0052	88,6111	7468058,5531	7468058,5735	0,0204	H1
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	837	0,0003	-14,8631	7468168,6814	7468168,6827	0,0013	H1
PE09 - 02 - NTRIP	586	0,0004	8,2616	7468168,6898	7468168,6915	0,0017	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0002	976,1477	7468168,8987	7468168,8996	0,0009	H1
PE09 - 02 - RTG	990	0,0037	21,8816	7468168,7599	7468168,7742	0,0143	H1
PE10 - 01 - RTK	310	0,0015	-6,6545	7468060,2020	7468060,2079	0,0059	H1
PE10 - 02 - RTK	59	0,0060	-2,9627	7468060,1855	7468060,2092	0,0236	H1
PE10 - 01 - NTRIP	622	0,0010	49,7187	7468060,2618	7468060,2656	0,0038	H1
PE10 - 02 - NTRIP	599	0,0004	111,8866	7468060,2598	7468060,2614	0,0016	H1
PE10 - 01 - RTG	649	0,0046	41,6842	7468060,3962	7468060,4141	0,0179	H1
PE10 - 02 - RTG	776	0,0029	124,1587	7468060,5723	7468060,5837	0,0115	H1

FONTE: O autor (2015).

TABELA 208 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp Alt – 1ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro de máscara - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE01 - 01 - RTK	132	0,0028	84,6313	-2,9450	-2,9339	0,0111	H1
PE01 - 02 - RTK	1453	0,0003	740,3478	-2,9224	-2,9210	0,0014	H1
PE01 - 01 - NTRIP	984	0,0008	304,0399	-2,9313	-2,9281	0,0032	H1
PE01 - 02 - NTRIP	567	0,0011	238,8955	-2,9081	-2,9036	0,0045	H1
PE01 - 01 - RTG	938	0,0010	2466,9771	-0,6666	-0,6626	0,0040	H1
PE01 - 02 - RTG	626	0,0012	2149,5996	-0,6907	-0,6862	0,0045	H1
PE02 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE02 - 01 - NTRIP	598	0,0011	421,8900	-3,9293	-3,9248	0,0045	H1
PE02 - 02 - NTRIP	599	0,0015	308,4521	-3,9497	-3,9438	0,0058	H1
PE02 - 01 - RTG	488	0,0031	912,0393	-1,6164	-1,6044	0,0120	H1
PE02 - 02 - RTG	716	0,0025	1034,7117	-1,8279	-1,8181	0,0098	H1
PE03 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - NTRIP	227	0,0053	48,7828	-3,4610	-3,4403	0,0207	H1
PE03 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE03 - 01 - RTG	107	0,0293	66,2349	-1,8265	-1,7105	0,1160	H1
PE03 - 02 - RTG	37	0,2588	12,8261	-0,9086	0,1313	1,0399	H1
PE04 - 01 - RTK	1214	0,0003	215,0531	-3,9542	-3,9530	0,0013	H1
PE04 - 02 - RTK	1497	0,0005	147,6963	-3,9584	-3,9566	0,0018	H1
PE04 - 01 - NTRIP	326	0,0014	54,4448	-3,9482	-3,9426	0,0057	H1
PE04 - 02 - NTRIP	468	0,0031	8,1068	-4,0051	-3,9929	0,0122	H1
PE04 - 01 - RTG	13	0,0010	105	-2,3900	-2,3860	0,0040	H1
PE04 - 02 - RTG	108	0,0455	68,2837	-1,0063	-0,8260	0,1803	H1
PE05 - 01 - RTK	701	0,0008	37,8008	-3,7947	-3,7917	0,0030	H1
PE05 - 02 - RTK	285	0,0023	15,3930	-3,7917	-3,7827	0,0090	H1
PE05 - 01 - NTRIP	488	0,0019	-19,5770	-3,8628	-3,8554	0,0074	H1
PE05 - 02 - NTRIP	550	0,0011	2,3635	-3,8219	-3,8175	0,0045	H1
PE05 - 01 - RTG	643	0,0031	703,7557	-1,6390	-1,6268	0,0122	H1
PE05 - 02 - RTG	563	0,0009	2375,6852	-1,6007	-1,5971	0,0037	H1
PE06 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE06 - 01 - NTRIP	605	0,0013	57,1295	-4,3469	-4,3418	0,0051	H1
PE06 - 02 - NTRIP	741	0,0010	27,6667	-4,3930	-4,3890	0,0039	H1
PE06 - 01 - RTG	829	0,0019	1109,6775	-2,3415	-2,3341	0,0074	H1
PE06 - 02 - RTG	493	0,0027	853,0596	-2,1524	-2,1419	0,0104	H1
PE07 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 02 - NTRIP	x	x	x	x	x	x	x
PE07 - 01 - RTG	7	0,0235	36	13,6260	13,7470	0,1210	H1
PE07 - 02 - RTG	x	x	x	x	x	x	x

FONTE: O autor (2015).

TABELA 209 - Testes estatísticos dos levantamentos com a utilização das soluções fase e o uso do filtro de máscara – Comp Alt – 2ª parte.

Testes estatísticos - soluções fase - filtro de máscara - Componente Alt							
Nome do ponto	gl	DP pop	Estatística do teste	Intervalo de confiança 95%		N. conf. 95%	Decisão
			t ou v calc.	Limite inferior	Limite superior		
PE08 - 01 - RTK	497	0,0008	-144,3504	-3,7144	-3,7114	0,0030	H1
PE08 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 01 - NTRIP	69	0,0029	932,6404	-0,8675	-0,8559	0,0117	H1
PE08 - 02 - NTRIP	354	0,0028	-23,3979	-3,6738	-3,6628	0,0110	H1
PE08 - 01 - RTG	x	x	x	x	x	x	x
PE08 - 02 - RTG	134	0,0372	62,5010	-1,3490	-1,2031	0,1459	H1
PE09 - 01 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 02 - RTK	x	x	x	x	x	x	x
PE09 - 01 - NTRIP	835	0,0011	2074,4199	-2,3963	-2,3919	0,0043	H1
PE09 - 02 - NTRIP	563	0,0014	1680,4783	-2,3283	-2,3228	0,0055	H1
PE09 - 01 - RTG	1127	0,0007	3187,0232	-2,3077	-2,3048	0,0029	H1
PE09 - 02 - RTG	1000	0,0044	494,2521	-2,5177	-2,5005	0,0173	H1
PE10 - 01 - RTK	278	0,0018	-19,9459	-3,8399	-3,8330	0,0069	H1
PE10 - 02 - RTK	32	0,0101	2,1743	-3,7995	-3,7593	0,0401	H1
PE10 - 01 - NTRIP	535	0,0030	677,4915	-1,7713	-1,7595	0,0118	H1
PE10 - 02 - NTRIP	588	0,0008	2481,3379	-1,7453	-1,7420	0,0033	H1
PE10 - 01 - RTG	621	0,0028	780,8202	-1,5828	-1,5717	0,0112	H1
PE10 - 02 - RTG	548	0,0060	353,1049	-1,6820	-1,6583	0,0237	H1

FONTE: O autor (2015).

Na TABELA 210 pode-se verificar o resumo dos testes estatísticos utilizados nos processamentos do Experimento 01 para a determinação dos intervalos de confiança.

TABELA 210 – Resumo dos testes estatísticos realizados nos processamentos do Experimento 01.

Resumo dos testes estatísticos realizados nos processamentos do Experimento 01						Decisão	
Tipo de solução utilizada	Variável analisada	Filtro utilizado	Processamentos realizados	Teste t-student	Teste de Wilcoxon	H0	H1
fase + código	Comp E	x	58	58	0	0	58
fase + código	Comp N	x	58	58	0	3	55
fase + código	Comp Alt	x	58	58	0	3	55
fase	Comp E	x	45	44	1	1	44
fase	Comp N	x	45	44	1	2	43
fase	Comp Alt	x	45	44	1	1	44
fase + código	Comp E	boxplot	58	58	0	1	57
fase + código	Comp N	boxplot	58	58	0	2	56
fase + código	Comp Alt	boxplot	58	58	0	2	56
fase + código	Comp E	máscara	54	49	5	0	54
fase + código	Comp N	máscara	54	49	5	7	47
fase + código	Comp Alt	máscara	56	47	9	1	55
fase	Comp E	boxplot	45	44	1	1	44
fase	Comp N	boxplot	45	44	1	3	42
fase	Comp Alt	boxplot	45	44	1	2	43
fase	Comp E	máscara	44	42	2	3	41
fase	Comp N	máscara	44	42	2	2	42
fase	Comp Alt	máscara	44	42	2	0	44
Total			914	883	31	34	880

FONTE: O autor (2015).

Como conclusão parcial do Apêndice C referente ao Experimento 01, verificou-se que dos 70 levantamentos realizados na presente pesquisa, 68 foram passíveis de processamentos e análises, sendo destes 10 referentes à determinação das coordenadas padrão e 58 referentes à determinação das coordenadas a serem avaliadas.

Considerando a utilização de testes estatísticos (teste *t-student* e teste de Wilcoxon) para a determinação dos intervalos de confiança com níveis de confiança de 95% para a determinação dos erros, verificou-se que dentre as 914 diferentes análises realizadas, 34 delas apresentaram o valor da coordenada padrão inserido no intervalo de confiança, indicando a não existência do erro calculado. Desta forma, o cálculo da acurácia da coordenada em questão seria constituído apenas pelo valor da precisão.

APÊNDICE D

Tabelas ASCII

TABELA 211 – TABELA ASCII dos caracteres de controle.

Tabela ASCII dos caracteres de controle (de 00 a 31) (não-imprimíveis)			
Decimal	Binário	Hex	Referência
0	00000000	0	Null - NUL
1	00000001	1	Start of Heading - SOH
2	00000010	2	Start of Text - STX
3	00000011	3	End of Text - ETX
4	00000100	4	End of Transmission - EOT
5	00000101	5	Enquiry - ENQ
6	00000110	6	Acknowledge - ACK
7	00000111	7	Bell, rings terminal bell - BEL
8	00001000	8	BackSpace - BS
9	00001001	9	Horizontal Tab - HT
10	00001010	0A	Line Feed - LF
11	00001011	0B	Vertical Tab - VT
12	00001100	0C	Form Feed - FF
13	00001101	0D	Enter - CR
14	00001110	0E	Shift-Out - SO
15	00001111	0F	Shift-In - SI
16	00010000	10	Data Link Escape - DLE
17	00010001	11	Device Control 1 - D1
18	00010010	12	Device Control 2 - D2
19	00010011	13	Device Control 3 - D3
20	00010100	14	Device Control 4 - D4
21	00010101	15	Negative Acknowledge - NAK
22	00010110	16	Synchronous idle - SYN
23	00010111	17	End Transmission Block - ETB
24	00011000	18	Cancel line - CAN
25	00011001	19	End of Medium - EM
26	00011010	1A	Substitute - SUB
27	00011011	1B	Escape - ESC
28	00011100	1C	File Separator - FS
29	00011101	1D	Group Separator - GS
30	00011110	1E	Record Separator - RS
31	00011111	1F	Unit Separator - US

FONTE: www.asciitable.com (2015)

TABELA 212 – TABELA ASCII normal – 1ª parte.

Tabela ASCII normal (de 32 a 127)			
Decimal	Binário	Hex	Referência
32	00100000	20	Space - SPC
33	00100001	21	!
34	00100010	22	"
35	00100011	23	#
36	00100100	24	\$
37	00100101	25	%
38	00100110	26	&
39	00100111	27	'
40	00101000	28	(
41	00101001	29)
42	00101010	2A	*
43	00101011	2B	+
44	00101100	2C	,
45	00101101	2D	-
46	00101110	2E	.
47	00101111	2F	/
48	00110000	30	0
49	00110001	31	1
50	00110010	32	2
51	00110011	33	3
52	00110100	34	4
53	00110101	35	5
54	00110110	36	6
55	00110111	37	7
56	00111000	38	8
57	00111001	39	9
58	00111010	3A	:
59	00111011	3B	;
60	00111100	3C	<
61	00111101	3D	=
62	00111110	3E	>
63	00111111	3F	?
64	01000000	40	@
65	01000001	41	A
66	01000010	42	B
67	01000011	43	C
68	01000100	44	D
69	01000101	45	E
70	01000110	46	F
71	01000111	47	G
72	01001000	48	H
73	01001001	49	I
74	01001010	4A	J
75	01001011	4B	K
76	01001100	4C	L
77	01001101	4D	M
78	01001110	4E	N
79	01001111	4F	O

FONTE: www.asciitable.com (2015).

TABELA 213 – TABELA ASCII normal – 2ª parte.

Decimal	Binário	Hex	Referência
80	01010000	50	P
81	01010001	51	Q
82	01010010	52	R
83	01010011	53	S
84	01010100	54	T
85	01010101	55	U
86	01010110	56	V
87	01010111	57	W
88	01011000	58	X
89	01011001	59	Y
90	01011010	5A	Z
91	01011011	5B	[
92	01011100	5C	\
93	01011101	5D]
94	01011110	5E	^
95	01011111	5F	_
96	01100000	60	`
97	01100001	61	a
98	01100010	62	b
99	01100011	63	c
100	01100100	64	d
101	01100101	65	e
102	01100110	66	f
103	01100111	67	g
104	01101000	68	h
105	01101001	69	i
106	01101010	6A	j
107	01101011	6B	k
108	01101100	6C	l
109	01101101	6D	m
110	01101110	6E	n
111	01101111	6F	o
112	01110000	70	p
113	01110001	71	q
114	01110010	72	r
115	01110011	73	s
116	01110100	74	t
117	01110101	75	u
118	01110110	76	v
119	01110111	77	w
120	01111000	78	x
121	01111001	79	y
122	01111010	7A	z
123	01111011	7B	{
124	01111100	7C	
125	01111101	7D	}
126	01111110	7E	~
127	01111111	7F	Delete

FONTE: www.asciitable.com (2015).

TABELA 214 – TABELA ASCII estendida – 1ª parte.

Tabela ASCII estendida (de 128 a 255)			
Decimal	Binário	Hex	Referência
128	10000000	80	Ç
129	10000001	81	ü
130	10000010	82	é
131	10000011	83	â
132	10000100	84	ä
133	10000101	85	à
134	10000110	86	ã
135	10000111	87	ç
136	10001000	88	ê
137	10001001	89	ë
138	10001010	8A	è
139	10001011	8B	ï
140	10001100	8C	î
141	10001101	8D	ì
142	10001110	8E	Ä
143	10001111	8F	Å
144	10010000	90	É
145	10010001	91	æ
146	10010010	92	Æ
147	10010011	93	ô
148	10010100	94	ö
149	10010101	95	ò
150	10010110	96	û
151	10010111	97	ù
152	10011000	98	ÿ
153	10011001	99	Ö
154	10011010	9A	Ü
155	10011011	9B	ø
156	10011100	9C	£
157	10011101	9D	Ø
158	10011110	9E	×
159	10011111	9F	f
160	10100000	A0	á
161	10100001	A1	à
162	10100010	A2	ó
163	10100011	A3	ú
164	10100100	A4	ñ
165	10100101	A5	Ñ
166	10100110	A6	ª
167	10100111	A7	º
168	10101000	A8	¿
169	10101001	A9	®
170	10101010	AA	¬
171	10101011	AB	½
172	10101100	AC	¼

FONTE: www.asciitable.com (2015).

TABELA 215 – TABELA ASCII estendida – 2ª parte.

Tabela ASCII estendida (de 128 a 255)			
Decimal	Binário	Hex	Referência
173	10101101	AD	ì
174	10101110	AE	«
175	10101111	AF	»
176	10110000	B0	
177	10110001	B1	
178	10110010	B2	
179	10110011	B3	
180	10110100	B4	└
181	10110101	B5	Á
182	10110110	B6	Â
183	10110111	B7	Ã
184	10111000	B8	©
185	10111001	B9	¸
186	10111010	BA	
187	10111011	BB	┐
188	10111100	BC	┘
189	10111101	BD	¢
190	10111110	BE	¥
191	10111111	BF	┌
192	11000000	C0	└
193	11000001	C1	┘
194	11000010	C2	┐
195	11000011	C3	┘
196	11000100	C4	—
197	11000101	C5	┘
198	11000110	C6	ä
199	11000111	C7	Ä
200	11001000	C8	ℓ
201	11001001	C9	ℓ
202	11001010	CA	ℓ
203	11001011	CB	ℓ
204	11001100	CC	ℓ
205	11001101	CD	=
206	11001110	CE	ℓ
207	11001111	CF	α
208	11010000	D0	ø
209	11010001	D1	Ð
210	11010010	D2	Ê
211	11010011	D3	Ë
212	11010100	D4	È
213	11010101	D5	Í
214	11010110	D6	Î
215	11010111	D7	Ï
216	11011000	D8	Ï
217	11011001	D9	┘

FONTE: www.asciitable.com (2015).

TABELA 216 – TABELA ASCII estendida – 3ª parte.

Tabela ASCII estendida (de 128 a 255)			
Decimal	Binário	Hex	Referência
218	11011010	DA	Ɔ
219	11011011	DB	█
220	11011100	DC	█
221	11011101	DD	⋮
222	11011110	DE	⋮
223	11011111	DF	█
224	11100000	E0	Ó
225	11100001	E1	ß
226	11100010	E2	Ô
227	11100011	E3	Ò
228	11100100	E4	ø
229	11100101	E5	Õ
230	11100110	E6	μ
231	11100111	E7	þ
232	11101000	E8	ƒ
233	11101001	E9	Ú
234	11101010	EA	Û
235	11101011	EB	Ü
236	11101100	EC	ý
237	11101101	ED	Ý
238	11101110	EE	—
239	11101111	EF	‘
240	11110000	F0	
241	11110001	F1	±
242	11110010	F2	—
243	11110011	F3	¾
244	11110100	F4	¶
245	11110101	F5	§
246	11110110	F6	÷
247	11110111	F7	•
248	11111000	F8	°
249	11111001	F9	”
250	11111010	FA	·
251	11111011	FB	¹
252	11111100	FC	³
253	11111101	FD	²
254	11111110	FE	█
255	11111111	FF	

FONTE: www.asciitable.com (2015).

APÊNDICE E

TABULAÇÃO DOS DADOS

A tabulação dos dados ou a confecção da listagem das variáveis permite a realização de análises sistemáticas acerca das informações obtidas nos levantamentos de campo. As variáveis apresentadas na sequência foram obtidas a partir do processamento dos dados GPS brutos obtidos nos levantamentos de campo dos equipamentos Diferenciais GPS, e foram utilizadas para a realização das análises visuais, das observáveis e estatísticas propostas na presente pesquisa.

- PointId: é uma variável quantitativa discreta responsável pela contagem da sequência de observações ocorridas. É gerada, por configuração prévia do receptor GPS, a cada 1 segundo.

- PointSubclass: é uma variável categórica que contém os campos Phase e Code Only, que indicam qual tipo de observável foi utilizada na estimação das coordenadas, e que influenciam diretamente na precisão das mesmas. O campo Phase indica que as soluções foram obtidas a partir da fase de batimento da onda portadora, que apresenta precisão da ordem de milímetros. Já o campo Code Only indica que as soluções foram obtidas a partir do código C/A.

- ComponenteEste: é uma variável quantitativa contínua que representa a componente Este da coordenada UTM de cada observação, atreladas ao sistema de referência SIRGAS2000.

- ComponenteNorte: é uma variável quantitativa contínua que representa a componente Norte da coordenada UTM de cada observação, atreladas ao sistema de referência SIRGAS2000.

- EllipHgt: é uma variável quantitativa contínua que representa a altitude elipsoidal de cada observação.

- Sd. Latitude: é uma variável quantitativa contínua que determina o valor da precisão das coordenadas referentes à latitude geodésica de cada observação.

- Sd. Longitude: é uma variável quantitativa contínua que determina o valor da precisão das coordenadas referentes à longitude geodésica de cada observação.

- Hgt. Qlty: é uma variável quantitativa contínua que determina o valor da precisão das altitudes elipsoidais obtidas referentes a cada observação.
- Posn. Qlty: é uma variável quantitativa contínua que determina o valor da precisão das precisões planimétricas obtidas referentes a cada observação.
- GDOP: é uma variável quantitativa contínua que determina o valor do decréscimo da precisão da geometria (*Geometry Dilution of Precision*).
- PDOP: é uma variável quantitativa contínua que determina o valor do decréscimo da precisão da posição tridimensional (*Position Dilution of Precision*).
- TDOP: é uma variável quantitativa contínua que determina o valor do decréscimo da precisão do tempo (*Time Dilution of Precision*).
- HDOP: é uma variável quantitativa contínua que determina o valor do decréscimo da precisão do posicionamento horizontal (*Horizontal Dilution of Precision*).
- VDOP: é uma variável quantitativa contínua que determina o valor do decréscimo da precisão do posicionamento vertical (*Vertical Dilution of Precision*).
- NoSatellites: é uma variável quantitativa discreta que representa o número de satélites observados a cada segundo pelo conjunto receptor/antena.

ANEXO A



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências - DGC
Coordenação de Geodésia - CGED

RBMC - SERVIÇO RBMC-IP



FIGURA 160 – Localização das estações do serviço RBMC-IP do IBGE.

FONTE: IBGE (2015).

ANEXO B



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS Relatório de Informação de Estação ONRJ - Rio de Janeiro

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC
Data: 30/03/2007
Atualização: 31/03/2015 - Atualização de Firmware

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: OBSERVATÓRIO NACIONAL
Ident. da Estação: ONRJ
Inscrição no Monumento: Não há inscrição
Código Internacional: 93921
Informações Adicionais: Esta estação pertence à Rede de Densificação do IGS.

2. Informação sobre a localização

Cidade: Rio de Janeiro
Estado: Rio de Janeiro

Informações Adicionais: Torre de ferro com 2,52 m de altura e 0,18 m x 0,18 m de largura, cravada numa base de concreto medindo 0,40 m de altura e 0,26 m x 0,26 m de largura, aflorando de uma base de 0,50 m x 0,52 m com 0,10 m de altura. No topo foi cravado um dispositivo de centragem forçada, padrão IBGE. Uma chapa de metal padrão IBGE foi cravada na base de concreto, estampado SAT 93921. Na laje superior do prédio Carlos Lacombe, Divisão Serviço da Hora, no Observatório Nacional.

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	- 22° 53' 44,5220"	Sigma:	0,001 m
Longitude:	- 43° 13' 27,5937"	Sigma:	0,001 m
Alt. Elip.:	35,636 m	Sigma:	0,005 m
Coordenadas Cartesianas			
X:	4.283.638,359 m	Sigma:	0,003 m
Y:	-4.026.028,821 m	Sigma:	0,003 m
Z:	-2.466.096,836 m	Sigma:	0,002 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	7.466.927,822 m		
UTM (E):	682.133,192 m		
MC:	-45		

4. Informações do equipamento GNSS

4.1. Receptor

4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR8
Número de Série - 4923K35597
Versão do Firmware - 4.87 (Principal)
Atualização do Firmware - 31/03/2015 às 17:22 UTC

4.1.2 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR8
Número de Série - 4923K35597
Versão do Firmware - 4.41 (Principal)
Data de Instalação - 11/03/2015 às 18:28 UTC

FIGURA 161 – Relatório de Informação de Estação – ONRJ – 1ª parte.

FONTE: IBGE (2015).


RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
ONRJ - Rio de Janeiro

4.1.3	Tipo do Receptor	- LEICA GR25
	Número de Série	- 1830343
	Versão do Firmware	- 6.214 (Motor de Medição)
	Versão do Firmware	- 3.03 (Principal)
	Atualização do Firmware	- 06/02/2014 às 11:00 UTC
	Data de Remoção	- 11/03/2015 às 14:19 UTC
4.1.4	Tipo do Receptor	- LEICA GR25
	Número de Série	- 1830343
	Versão do Firmware	- 6.113 (Motor de Medição)
	Versão do Firmware	- 3.00 (Principal)
	Data de Instalação	- 04/07/2013 às 13:46 UTC
4.1.5	Tipo do Receptor	- LEICA GRX1200+ GNSS
	Número de Série	- 495123
	Versão do Firmware	- V4.007 (Motor de Medição)
	Atualização do Firmware	- 18/01/2011 às 10:54 UTC
	Data de Remoção	- 04/07/2013 às 11:52 UTC
4.1.6	Tipo do Receptor	- LEICA GRX1200+ GNSS
	Número de Série	- 495123
	Versão do Firmware	- V4.005 (Motor de Medição)
	Versão do Firmware	- V8.00 (Principal)
	Atualização do Firmware	- 10/09/2010 às 13:41 UTC
4.1.7	Tipo do Receptor	- LEICA GRX1200+ GNSS
	Número de Série	- 495123
	Versão do Firmware	- V4.004 (Motor de Medição)
	Versão do Firmware	- V7.80 (Principal)
	Atualização do Firmware	- 09/04/2010 às 18:20 UTC
4.1.8	Tipo do Receptor	- LEICA GRX1200+ GNSS
	Número de Série	- 495123
	Versão do Firmware	- V4.002 (Motor de Medição)
	Versão do Firmware	- V7.50 (Principal)
	Data de Instalação	- 05/11/2009 às 18:00 UTC
4.1.9	Tipo do Receptor	- LEICA GRX1200+ GNSS
	Número de Série	- 495112
	Versão do Firmware	- 8.00 (Principal)
	Data de Instalação	- 13/10/2009 às 00:00 UTC
	Data de Remoção	- 05/11/2009 às 00:00 UTC
4.1.10	Tipo do Receptor	- TRIMBLE NETRS
	Número de Série	- 4644124505
	Versão do Firmware	- 1.2-0 (Principal)
	Atualização do Firmware	- 06/03/2008 às 00:00 UTC
	Data de Remoção	- 12/10/2009 às 00:00 UTC
4.1.11	Tipo do Receptor	- TRIMBLE NETRS
	Número de Série	- 4644124505
	Versão do Firmware	- 1.1-5 (Principal)
	Data de Instalação	- 31/03/2007 às 00:00 UTC

FIGURA 162 – Relatório de Informação de Estação – ONRJ – 2ª parte.

FONTE: IBGE (2015).



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
ONRJ - Rio de Janeiro

4.2. Antena

4.2.1	Tipo de Antena	- GNSS CHOKE RING (TRM59800.00)
	URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM59800.00%2BNONE.gif
	Número de Série	- 4939353492
	Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
	Data de Instalação	- 11/03/2015 às 18:28 UTC
4.2.2	Tipo de Antena	- LEICA AR10 (773758)
	URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=LEIAR10%2BNONE.gif
	Número de Série	- 16046005
	Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
	Data de Instalação	- 04/07/2013 às 13:46 UTC
	Data de Remoção	- 11/03/2015 às 14:19 UTC
4.2.3	Tipo de Antena	- AX1203+ GNSS (LEIAX1203+GNSS)
	URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=LEIAX1203%2BGNSS%2BNONE.gif
	Número de Série	- 8480107
	Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
	Data de Instalação	- 13/10/2009 às 00:00 UTC
	Data de Remoção	- 04/07/2013 às 11:52 UTC
4.2.4	Tipo de Antena	- ZEPHYR GEODETIC (TRM41249.00)
	URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM41249.00%2BNONE.gif
	Número de Série	- 60179302
	Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
	Data de Instalação	- 31/03/2007 às 00:00 UTC
	Data de Remoção	- 12/10/2009 às 00:00 UTC

5. Informações Complementares

5.1. Para informações técnicas contatar:

Nome: IBGE/DGC/Coordenação de Geodésia
 Endereço: Av. Brasil, 15.671, CEP 21.241-051, Rio de Janeiro, RJ
 Telefone: (21) 2142-4935
 FAX: (21) 2142-4859
 Home Page: www.ibge.gov.br
 Contato: rbmc@ibge.gov.br

5.2. Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE
 Endereço: Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ
 Telefone: 0800-721-8181
 Contato: ibge@ibge.gov.br

5.3. Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/parcerias.shtml>



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
RIOD - Rio de Janeiro

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC
 Data: 08/02/2001
 Atualização: 01/03/2016 - Atualização de Firmware

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: RIO DE JANEIRO
 Ident. da Estação: RIOD
 Inscrição no Monumento: Não há inscrição
 Código Internacional: [91720](#)
 Informações Adicionais: Esta estação pertence à Rede de Densificação do IGS e à Rede de Referência do SIRGAS. Estação coincidente com a RN 3121-A.

2. Informação sobre a localização

Cidade: Rio de Janeiro
 Estado: Rio de Janeiro
 Informações Adicionais: Pilar de concreto quadrangular, medindo 0,96 m de altura e 0,30 m x 0,30 m no topo, com pino de centragem forçada cravado no centro. Nas dependências do IBGE, sito à Av. Brasil nº 15671 - Bloco III - A, Parada de Lucas - Rio de Janeiro - RJ, no terraço do prédio da Coordenação de Geodésia-CGED.

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	- 22° 49' 4,2399"	Sigma:	0,001 m
Longitude:	- 43° 18' 22,5958"	Sigma:	0,002 m
Alt. Elip.:	8,632 m	Sigma:	0,002 m
Coordenadas Cartesianas			
X:	4.280.294,880 m	Sigma:	0,001 m
Y:	-4.034.431,227 m	Sigma:	0,001 m
Z:	-2.458.141,380 m	Sigma:	0,001 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	7.475.648,024 m		
UTM (E):	673.825,217 m		
MC:	-45		

4. Informações do equipamento GNSS

4.1. Receptor

- 4.1.1 Tipo do Receptor - LEICA GR25
 Número de Série - 1830407
 Versão do Firmware - 3.22 (Principal)
 Atualização do Firmware - 01/03/2016 às 13:15 UTC
- 4.1.2 Tipo do Receptor - LEICA GR25
 Número de Série - 1830407
 Versão do Firmware - 3.11 (Principal)
 Atualização do Firmware - 10/08/2015 às 15:16 UTC
- 4.1.3 Tipo do Receptor - LEICA GR25
 Número de Série - 1830407
 Versão do Firmware - 6.214 (Motor de Medição)
 Versão do Firmware - 3.03 (Principal)

FIGURA 164 – Relatório de Informação de Estação – RIOD – 1ª parte.

FONTE: IBGE (2015).



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
RIOD - Rio de Janeiro

Atualização do Firmware	- 06/02/2014 às 10:43 UTC
4.1.4 Tipo do Receptor	- LEICA GR25
Número de Série	- 1830407
Versão do Firmware	- 6.113 (Motor de Medição)
Versão do Firmware	- 3.00 (Principal)
Data de Instalação	- 08/08/2013 às 14:39 UTC
4.1.5 Tipo do Receptor	- TRIMBLE NETRS
Número de Série	- 4636121854
Versão do Firmware	- 1.2-0 (Principal)
Atualização do Firmware	- 06/03/2008 às 00:00 UTC
Data de Remoção	- 08/08/2013 às 11:47 UTC
4.1.6 Tipo do Receptor	- TRIMBLE NETRS
Número de Série	- 4636121854
Versão do Firmware	- 1.1-5 (Principal)
Data de Instalação	- 19/03/2007 às 00:00 UTC
4.1.7 Tipo do Receptor	- TRIMBLE 4000SSI
Número de Série	- 3950A27335
Versão do Firmware	- 7.29 (Principal)
Data de Instalação	- 01/08/2006 às 00:00 UTC
Data de Remoção	- 19/03/2007 às 00:00 UTC
4.1.8 Tipo do Receptor	- TRIMBLE 4000SSI
Número de Série	- 3519A10740
Versão do Firmware	- 7.01 (Principal)
Data de Instalação	- 24/02/2006 às 00:00 UTC
Data de Remoção	- 01/08/2006 às 00:00 UTC
4.1.9 Tipo do Receptor	- TRIMBLE 4000SSI
Número de Série	- 3950A27335
Versão do Firmware	- 7.29 (Principal)
Data de Instalação	- 21/07/2001 às 00:00 UTC
Data de Remoção	- 24/02/2006 às 00:00 UTC
4.2. Antena	
4.2.1 Tipo de Antena	- LEICA AR10 (773758)
URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=LEIAR10%2BNONE.gif
Número de Série	- 16046007
Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena)
Data de Instalação	- 08/08/2013 às 14:39 UTC
4.2.2 Tipo de Antena	- ZEPHYR GEODETIC (TRM41249.00)
URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM41249.00%2BNONE.gif
Número de Série	- 60177763
Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo da torre à base da antena)
Data de Instalação	- 19/03/2007 às 00:00 UTC
Data de Remoção	- 08/08/2013 às 11:47 UTC
4.2.3 Tipo de Antena	- DORNE MARGOLIN T (TRM29659.00)
URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM29659.00%2BNONE.gif
Número de Série	- 70419
Altura da Antena (m)	- 0,0080 (distância vertical do topo da torre à base da antena)
Data de Instalação	- 21/07/2001 às 00:00 UTC

FIGURA 165 – Relatório de Informação de Estação – RIOD – 2ª parte.

FONTE: IBGE (2015).



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
RIOD - Rio de Janeiro

Data de Remoção - 19/03/2007 às 00:00 UTC

5. Informações Complementares

5.1. Para informações técnicas contatar:

Nome: IBGE/DGC/Coordenação de Geodésia
Endereço: Av. Brasil, 15.671, CEP 21.241-051, Rio de Janeiro, RJ
Telefone: (21) 2142-4935
FAX: (21) 2142-4859
Home Page: www.ibge.gov.br
Contato: rbmc@ibge.gov.br

5.2. Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE
Endereço: Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ
Telefone: 0800-721-8181
Contato: ibge@ibge.gov.br

5.3. Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/parcerias.shtml>

FIGURA 166 – Relatório de Informação de Estação – RIOD – 3ª parte.

FONTE: IBGE (2015).